Waldau 1866. [illegible]

Lehrbuch

der

Düngerlehre.

Zum Gebrauch bei Vorlesungen

an den höheren landwirthschaftlichen Lehranstalten

und zum

Selbstunterricht

von

Dr. Eduard Heiden.

In zwei Bänden.

Erster Band.

Theoretischer Theil.

Stuttgart,

Verlag von Cohen und Risch.

1866.

Vorwort.

Die Herausgabe dieses Lehrbuches habe ich schon seit einer Reihe von Jahren meinen Zuhörern — früher an der Akademie Eldena, jetzt in Waldau — versprochen; leider hat sich aber dieselbe aus verschiedenen hier nicht näher zu erörternden Gründen bis jetzt verzögert.

Da die Anregung zur Veröffentlichung meiner Vorlesungen über Düngerlehre zunächst von meinen Zuhörern ausgegangen ist, so habe ich mich auch bei der Ausarbeitung derselben zum Drucke so eng wie möglich an meine Vorlesungshefte angelehnt; indessen sind doch auch ebenso sehr innere Gründe bestimmend hinzugetreten.

Meine Vorlesung über Düngerlehre halte ich zweisemestrig; in dem einen halben Jahre trage ich den theoretischen und in dem andern den practischen Theil derselben vor. Hieran sich anschließend erfolgt nun auch die Herausgabe dieser Vorlesungen in zwei Bänden; der erste, welcher jetzt zunächst vorliegt, bildet den theoretischen, während der zweite, welcher im Laufe des nächsten Jahres erscheinen wird, den practischen Theil umfassen soll. Der theoretische Theil soll das Bedürfniß der Pflanze und der practische die Befriedigung desselben entwickeln.

Im ersteren Theile sind die Nährstoffe der Pflanzen, das Vorkommen derselben in und auf der Erde im Allgemeinen

und in der Ackererde im Besonderen, die Art ihrer Aufnahme in die Pflanze, ihre Bedeutung für das Pflanzenleben, ihre Verbreitung und Vertheilung in der Pflanze und die Nothwendigkeit oder Entbehrlichkeit der Zufuhr derselben zum Boden besprochen; der zweite Band wird die Beschreibung, Entstehungsart, resp. das Vorkommen und die Verbreitung, die Anwendung und Wirkung der bis jetzt benutzten Dungmitteln — also des Stalldungs, der menschlichen Excremente, des Compostdüngers, der Guanosorten, der phosphorsäurereichen Dungstoffe u. s. w. u. s. w. — abhandeln. In beiden Bänden zusammen wird ferner das gesammte Material für die Statik des Landbaues zusammengestellt sein; der erstere enthält zunächst die für die Berechnung der durch die Culturpflanzen, resp. deren Theile, dem Boden entzogenen Stoffe nothwendigen Zahlen.

Die Besprechung der Nährstoffe der Pflanze, also des Kohlenstoffs, Stickstoffs, Wasserstoffs, Sauerstoffs, Wassers und der Aschenbestandtheile in allen ihren Beziehungen zur Pflanze und zum Boden ist für die einzelnen Stoffe kapitelweise geschehen. Der bei der Bearbeitung eingeschlagene Weg ist der historische. Viele, leider ja noch sehr viele Fragen, welche in Betreff der Bedeutung und Beziehung der einzelnen Nährstoffe zur Pflanze und zum Boden aufzuwerfen sind, sind bis jetzt noch nicht zum vollen Abschluß gelangt, daher kann auch nur die historische Behandlung die einzige richtige Art der Besprechung derselben sein. Aus dem Grunde sind die zur Lösung der verschiedenen Fragen vorliegenden Arbeiten in der für den Zweck des Buches erforderlichen Kürze, aber doch mit der für denselben nothwendigen Vollständigkeit und Genauigkeit besprochen, die aus denselben sich ergebenden Schlüsse gezogen und so der Standpunct, welchen dieselben jetzt einnehmen, festgestellt worden.

Das Werk ist sowohl für den Fachmann, wie für den gebildeten Landmann bestimmt. Da nun beide Theile verschiedene Ansprüche an ein solches Buch zu machen pflegen und es mein Wunsch sein mußte, soviel wie in meinen Kräften stand, den Requisiten Beider zu genügen, so habe ich dies dadurch zu er-

reichen versucht, daß ich zwei Druckarten im Texte einführte, und zwar eine kleinere für die historische Entwickelung der Fragen und für die Beweise und eine größere für die Hauptdarstellung, so daß derjenige Leser, welcher sich für die historische Entwickelung und die Beweise nicht speciell interessirt, in dem Großgedruckten das für ihn Wichtige klar herausgehoben findet. Am Ende eines jeden Kapitels sind ferner, soweit wie es möglich war, die wichtigsten aus dem Abgehandelten sich ergebenden Folgerungen in kurzen Sätzen zusammengestellt, was, wie ich hoffe, manchem Leser beim Gebrauch des Buches im Interesse leichterer Orientirung willkommen sein wird.

Bekanntlich ist das Material, welches vorliegt, ein ganz außerordentlich großes und zwar ist dieses größtentheils in den verschiedenen, sehr zahlreichen Zeitschriften der Culturvölker zerstreut, verbreitet. Soweit es nun in meiner Kraft gestanden hat, bin ich bemüht gewesen, alle Arbeiten, welche für die Besprechung der einzelnen Fragen von Wichtigkeit sind, aufzuführen, so daß ich zu hoffen wage, daß mir wirklich bedeutende nicht entgangen sein möchten. Da aber die Zahl der erscheinenden Journale eine sehr große ist und die Arbeiten der Versuchs-Stationen zum Theil in besonderen schwer zugänglichen Jahresberichten niedergelegt werden, und es so dem Einzelnen, wenn er nicht sehr günstig situirt, nicht möglich ist, sämmtliche in die Hände zu bekommen, so wäre es möglich, daß mir einzelnes entgangen sein könnte; insoweit dies der Fall sein sollte, bitte ich um die gütige Nachsicht der Leser. Jeden Nachweis des Mangelnden werde ich dankbar entgegennehmen und für die Zukunft zu verwerthen bemüht sein.

Alle im Buche vorhandenen Angaben, mit Ausnahme sehr weniger, beruhen auf dem Studium von Original-Arbeiten; nur da, wo es mir unmöglich war, die directen Quellen zu erhalten, sind Arbeiten aus zweiter Hand benutzt worden. Die Angaben der Quellen in oder unter dem Texte habe ich nach reiflicher Ueberlegung unterlassen, weil dadurch der Text, wenigstens stellenweise, für manchen Leser sehr verunstaltet worden wäre.

Es war nun meine ursprüngliche Absicht, die wichtigsten Quellenangaben, kapitelweise geordnet, am Ende des Bandes aufzuführen; leider bin ich durch betrübende Familienverhältnisse, welche mich jüngst betroffen, hieran für den Augenblick verhindert worden und daher genöthigt diesen Band ohne die Quellenangaben erscheinen zu lassen, da ich die Publication desselben, welche an sich schon durch die politischen Constellationen dieses Jahres bedeutend verzögert ist, nicht länger hinausschieben möchte. Die Quellenangaben für diesen, sowie für den zweiten Band, werden am Ende des letzteren erfolgen. — Der Druck dieses Bandes begann im März dieses Jahres, zu welcher Zeit das Manuscript vollständig zum Abschluß gediehen war.

Akademie Waldau, im März 1866.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichniß.

Erste Abtheilung.

Kapitel I.

Der Kohlenstoff.

Kapitel II.

Der Stickstoff.

Kapitel III.

Der Wasserstoff.

Kapitel IV.

Der Sauerstoff.

Kapitel V.

Das Wasser.

Zweite Abtheilung.

Die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen.

Erster Abschnitt.

Die Pflanzen und ihre Aschenbestandtheile.

Kapitel I.

Die Aschenbestandtheile der Pflanzen.

Kapitel II.

Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanze.

Kapitel III.

Das Absorptions-Vermögen.

Kapitel IV.

Kapitel V.

Kapitel VI.

Zweiter Abschnitt.

Die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen und ihr Vorkommen in der Natur.

Kapitel I.

Die Aschenbestandtheile der Pflanzen und die Mineralien, in welchen sie vorkommen.

Kapitel II.

Verwitterung der Gesteine und Mineralien.

Kapitel III.

Der Boden.

Einleitung.

§. 1.

Die Landwirthschaft einer der ersten Factoren der Landeswohlfahrt.

Die Landwirthschaft ist, sowohl wegen ihrer großen Verbreitung, als wegen ihrer Bedeutung als Gewerbe einer der wichtigsten Factoren der National=Wohlfahrt.

Ihre große Verbreitung als Gewerbe zeigen folgende Zahlen:

In dem fabrikreichen Großbrittannien und Irland lebten im Jahre 1831 in runder Summe 24 Millionen Menschen; von diesen nahm die ländliche Kultur $12\frac{1}{2}$ Millionen Menschen in Anspruch und zwar vertheilten sie sich in der Art, daß auf England fast $\frac{1}{4}$, auf Schottland $\frac{1}{3}$, auf Irland $\frac{5}{7}$ und auf Wales mehr als die Hälfte kamen.

In Frankreich betrug 1830 die Seelenzahl 24,184,208, von welcher die ländliche Bevölkerung 18,845,411 Seelen, also $\frac{3}{4}$, ausmachte.

In Preußen waren im Jahre 1837 von 14,098,120 Seelen in den Städten 3,639,446, so daß also fast $\frac{3}{4}$ der sämmtlichen Bevölkerung mit dem Landbau beschäftigt war. Wenn hierbei noch erwogen wird, daß in den kleinen Städten auch noch ein großer Theil der Bewohner Ackerbürger sind, so können mehr als $\frac{3}{4}$, fast $\frac{4}{5}$ der ganzen Bevölkerung als mit dem Ackerbau beschäftigt betrachtet werden. Es stellt sich dies Verhältniß für die einzelnen Theile natürlich verschieden heraus. So betrug die Zahl der ländlichen Bevölkerung

im Regierungsbezirk	Düsseldorf	461,000	von	759,000,	d. i. 61 %,
„ „	Stettin	316,000	„	452,000,	d. i. 70 %,
„ „	Gumbinnen	496,000	„	556,000,	d. i. 90 %.

Diese wenigen Zahlen genügen als Beweis für die große Verbreitung des landwirthschaftlichen Gewerbes und thun dar, daß die landbautreibende Bevölkerung in allen Kulturstaaten einen sehr bedeutenden Bruchtheil des Ganzen ausmacht, ja daß in einigen Landestheilen die Bevölkerung fast ausschließlich mit dem Landbau beschäftigt ist.

Die hohe Bedeutung der Landwirthschaft für die National-Wohlfahrt besteht ferner in der Wichtigkeit der von dem Landwirthe erzeugten Producte für die Bewohner des Staates, und in dem Einfluß, welchen der Landbau auf die körperliche und sittliche Bildung der Menschen ausübt.

Was zunächst die Wichtigkeit der landwirthschaftlichen Producte anbetrifft, so ist der Landwirth ja derjenige, welcher für die Erhaltung der Bevölkerung eines Staates zu sorgen hat: er producirt die Rohstoffe, welche für die Ernährung der Menschen erforderlich sind.

Ueber die Bedeutung der Nahrungsmittel sagt Adam Smith: „Die Nahrungsmittel bilden nicht nur den vornehmsten Theil des Reichthums dieser Welt, sondern es ist der Ueberfluß an Nahrungsmitteln, welches vielen andern Gütern ihren hauptsächlichsten Werth verleiht." Ferner: „Die Bevölkerung eines Landes richtet sich nicht nach der Menschenzahl, welche es mit Kleidung und Wohnung, sondern nach der, welche es mit Nahrung versehen kann. Ist letztere vorhanden, dann ist es auch leicht, erstere anzuschaffen."

Der Landwirth producirt aber nicht nur die Rohstoffe, welche zur Ernährung der Bewohner eines Staates unentbehrlich, sondern auch solche, welche für die Bekleidung und andere Bedürfnisse der Menschen erforderlich sind. Er liefert uns durch die Pflanzen-Production in dem Weizen und Roggen das Brodkorn, in Gerste und Hopfen die Materialien für die Bierbereitung, in der Kartoffel ein für alle Klassen unentbehrliches Nahrungsmittel, in der Zuckerrübe den Zucker, in den Oelfrüchten unter Anderem Beleuchtungs-Materiale, im Flachs und Hanf einige der nothwendigsten Gewerbs-Materialien; durch die Thier-Production werden Fleisch, Milch und Wolle geschaffen; durch die Pferdezucht speciell endlich ein unentbehrliches Transportmittel und ein Maschinenmotor hergestellt, dessen Bedeutung durch den Dampf zwar beeinträchtigt, aber nicht aufgehoben werden kann.

Die Wichtigkeit der Landwirthschaft in dieser Hinsicht ist gewiß eine ganz außerordentlich große; sie zeigt auch zugleich, daß dem Landwirthe die heiligsten Pflichten obliegen, zu deren Erfüllung er sich mit den erforderlichen Kenntnissen zu wappnen hat.

Den Einfluß, welchen die Landwirthschaft auf die körperliche Ausbildung und sittliche Bildung des Menschen ausübt, sehen wir in erster Reihe z. B. bei Vergleichung der Körper-Constitution des kräftigen ländlichen Arbeiters mit dem verhältnißmäßig schwächeren Fabrikarbeiter, in zweiter Reihe in der Erhaltung der religiösen Gefühle und der Liebe zum Vaterland und Familie.

Dieser bedeutende Einfluß der Landwirthschaft auf die Landeswohlfahrt wird dann auch durch die Geschichte in einer Weise bestätigt, daß es nur des Hinweises auf dieselbe bedarf, um dies darzuthun.

§. 2.

Die Bedingungen der landwirthschaftlichen Production.

Der Landwirth ist also Producent und muß als solcher die Bedingungen seiner Production kennen. Der Landwirth der Jetztzeit hat, wenn wir den Feldbau näher in's Auge fassen, nicht die Aufgabe Pflanzen zu ziehen und so Ernten zu erhalten, sondern er soll von einer bestimmten Fläche den höchst möglichsten Ertrag zu erzielen suchen. Zur Erfüllung dieser Aufgabe genügt es aber für ihn nicht mehr zu wissen, daß er durch den Einfluß der Luft, des Lichtes, der Wärme und des Wassers, sowie durch Bodenbearbeitung und Zufuhr von Dungmitteln Pflanzen und dadurch Ernten erhalten kann, sondern er muß bestrebt sein, den Antheil kennen zu lernen, welchen diese einzelnen Factoren an das Wachsthum der Pflanzen nehmen.

Jeder weiß, daß ein Stück Land, welches die für das Wachsthum der Pflanzen nothwendigen Nährstoffe nicht besitzt, trotz der besten climatischen Verhältnisse, des schönsten Sonnenscheins und des fruchtbringendsten Regens keine Ernten bringen kann.

Jeder kennt ferner den außerordentlich bedeutenden Einfluß, den die klimatischen Verhältnisse auf das Wachsthum der Pflanzen ausüben, Jeder weiß aber auch, daß der Mensch auf dieselben keinen, oder, wenn wir die Folgen der Austrocknung von Sümpfen, des Anbaues oder der Ausrottung von Wäldern in's Auge fassen, wenigstens nur einen verhältnißmäßig geringen Einfluß ausüben kann; er kann nicht heute regnen und morgen die Sonne scheinen lassen. Wir können daher bei den klimatischen Factoren des Pflanzenwachsthums hauptsächlich nur bemüht sein, den Antheil, den sie an demselben nehmen, zu studiren, um so dieselben so weit als möglich zu unserm Nutzen zu gebrauchen.

Außer der Wärme, dem Lichte und dem Wasser sind die weiteren Factoren des Pflanzenwachsthums die Luft und der Boden, welche den Pflanzen die ihnen nothwendige Nahrung darbieten sollen und von denen der letztere denselben außerdem noch den nöthigen Halt zu gewähren hat. Die Nahrungsmittel, welche die Pflanzen gebrauchen und welche Luft und Boden darbieten, glauben wir im

Allgemeinen zu kennen, ebenso sind uns viele der physikalischen Verhältnisse bekannt, unter denen die Pflanzen wachsen und gedeihen. Die von der Luft den Pflanzen dargebotenen Nahrungsstoffe sind immer dieselben und können nie versiegen; anders ist es dagegen mit denen, welche der Boden enthält. Wenn für diese nichts gethan wird, so müssen sie auch dem fruchtbarsten Boden mit der Zeit durch die Ernte entzogen werden und deshalb muß er verarmen. Dieser Verarmung des Bodens vorzubeugen, ist nun die Aufgabe der Düngerlehre, unter welcher wir demnach *die Lehre von denjenigen Mitteln zu verstehen haben, durch die wir einerseits die Fruchtbarkeit eines Feldes erhalten und womöglich vermehren, andererseits arme Felder ertragsfähiger machen können.*

Unter Fruchtbarkeit des Bodens ist hierbei *zweierlei* zu verstehen. *Ein Boden ist nur dann fruchtbar,* wenn er *die den Pflanzen zu ihrem Gedeihen nothwendigen Nährstoffe in aufnahmefähigem Zustande enthält und wenn auch seine physikalischen Eigenschaften sich dem Pflanzenwachsthum günstig* verhalten. Die Beförderung des letzteren ist hauptsächlich Sache der Bodenbearbeitung.

§. 3.

Die Nährstoffe der Pflanzen.

Um die richtigen Mittel zur Hervorbringung, resp. Erhaltung der Fruchtbarkeit eines Bodens anwenden zu können, müssen wir die Bedingungen zur Fruchtbarkeit genau kennen. Die Nährstoffe, welche die Pflanze braucht, lernen wir natürlich am besten durch die Untersuchung der Pflanzen selbst kennen. Setzt man eine Pflanze höherer Temperatur aus, so wird ein Theil derselben zerstört, der in Form von Gasen in die Atmosphäre entweicht, während ein anderer zurückbleibt, der auch durch noch so lange anhaltendes Glühen nicht verflüchtigt werden kann. Dieses Experiment macht man täglich beim Verbrennen von Holz auf dem Heerde oder im Ofen und beim Rauchen einer Cigarre oder Pfeife. Das durch die Wärme Zerstörbare nennen wir den organischen Bestandtheil oder besser die organischen Bestandtheile der Pflanzen, den beim Verbrennen der Pflanzen bleibenden Rückstand die Asche, oder die Aschen- oder unorganischen Bestandtheile.

Die Zahl der zusammengesetzten organischen Bestandtheile der Pflanzen ist eine sehr große, dagegen bedarf dieselbe nur weniger

einfacher Stoffe, um dieselben zu bilden. Diese sind: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und bei einigen noch Schwefel.

Größer ist dagegen die Zahl derjenigen Körper, aus welchen die Asche der Pflanzen zusammengesetzt ist. Untersucht man die Asche der Pflanzen, so findet man in derselben eine Reihe von Basen und Säuren.

An Basen:	An Säuren:
Kali,	Phosphorsäure,
Natron,	Schwefelsäure,
Lithion }	Kieselsäure,
Rubidiumoxyd }	Kohlensäure,
Cäsiumoxyd? }	Chlor,
Kalkerde,	Brom,
Magnesia	Jod
(Thonerde),	(Fluor).
die Oxyde des Eisens und Mangans (Kupferoxyd).	

Die organischen Bestandtheile der Pflanzen.

Da die Kenntniß der organischen Bestandtheile der Pflanzen für das Verständniß der Düngerlehre durchaus nothwendig ist, so möge eine kurze Beschreibung der organischen Körper folgen, wobei natürlich nur die zu berücksichtigen sein werden, welche in den Pflanzen natürlich vorgebildet und häufiger vorkommen.

§. 4.

A. Die stickstoffhaltigen Bestandtheile der Pflanzen.

I. Die eiweißartigen Körper.

Dieselben bilden äußerst complicirte, stickstoffreiche, indifferente, nicht flüchtige und im trocknen Zustande stets feste Körper. In den Pflanzen kommen sie theils gelöst, theils fest, stets unkrystallisirt (amorph) vor. Im reinen Zustande sind sie geruchlos, farblos oder schwach gelblich gefärbt und ohne besondern Geschmack. Sie sind ohne Zersetzung nicht schmelzbar und nicht zu verflüchtigen; wenn sie schmelzen, so ist vorher eine Zersetzung derselben eingetreten. Alle zu dieser Gruppe gehörenden Körper bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel und enthalten nach Mulder noch oxydirten Phosphor; sie sind ferner in der Natur stets von unorganischen Körpern begleitet,

unter welchen vor allem die phosphorsauren Salze eine wichtige Rolle spielen.

Die eiweißartigen oder albuminartigen Stoffe oder Proteïnkörper, wie sie auch noch genannt werden, kommen in den Pflanzen ganz allgemein vor; wir finden sie in jeder lebensfähigen Zelle, entweder im Zellsafte derselben gelöst, oder als schleimigkörnige, oder reinkörnige Massen daselbst abgelagert. In größter Menge sind sie in dem vollsaftigen Zellgewebe aller jungen Pflanzentheile und in den Samen enthalten; die geringsten Mengen zeigen sich dagegen da, wo das Wachsthum schon abgeschlossen ist, also in den Blättern und Stengeln der krautartigen Pflanzen nach vollendeter Fruchtbildung, im Holzkörper und in den Laubabfällen der ausdauernden Gewächse.

Mulder stellte, um das Gemeinsame in der großen Reihe der eiweißartigen Stoffe darzuthun, eine allgemeine quaternäre, d. h. aus vier verschiedenen Elementen zusammengesetzte Elementengruppe auf, welche er Proteïn (von πρῶτος, der erste, wichtigste, oder von πρωτεύω, ich nehme die erste Stelle ein) nannte und von welcher er behauptete, daß dieselbe allen diesen sog. eiweißartigen Stoffen zu Grunde liege und daß durch Verbindung des Proteïns mit Schwefel und Phosphor die verschiedenen eiweißartigen Körper entständen. Diesem Proteïn, welches Mulder durch Auflösen des Eiweißkörpers in verdünnter Kalilauge und Ausfällung durch Essigsäure erhielt, gab er die Formel 10 ($C^{40}H^{31}N^{5}O^{12}$). Obgleich dann von Liebig und Laskówski auf den Schwefelgehalt des Proteïns aufmerksam gemacht und erklärt war, daß die schwefelfreie Darstellung desselben ohne gleichzeitige Zersetzung nicht möglich sei, blieb Mulder bei seiner Ansicht, und erklärte später, daß nicht Schwefel und Phosphor, sondern sog. Sulphamid (NH^2S) und Phosphamid (NH^2P) mit dem Proteïn verbunden sei, ohne daß jedoch diese Erklärung bei den Chemikern allgemeinen Eingang fand. Trotzdem ist der Name Proteïnkörper für diese Gruppe von Körpern allgemein beibehalten worden.

Die allgemeinen Eigenschaften derselben sind: Gelbfärbung durch Jod und Salpetersäure, Violettfärbung durch concentrirte Salzsäure, rothe Färbung durch salpetrige Säure enthaltendes salpetersaures Quecksilberoxydul (sog. Millon'sches Reagens), Rothfärbung durch Zucker und concentrirte Schwefelsäure (Schultze). — (Diese Farbenerscheinungen haben vor allem für den Mikroskopiker großen Werth). — Löslichkeit in Alkalien, aus welchen Lösungen sie durch verschiedene Säuren gefällt werden. Die essigsauren Lösungen der Proteïnkörper werden durch rothes und gelbes Blutlaugensalz gefällt, was jedoch durch freies Alkali verhindert wird; dies unterscheidet sie von den leimartigen Substanzen. Dieselben Lösungen werden ferner noch durch verschiedene Salze, wie phosphorsaures Natron, essigsaures Natron, Chlorammonium, schwefelsaure Magnesia gefällt.

Der Stickstoffgehalt derselben wird bisher durchschnittlich zu 16 % angenommen, welche Zahl jedoch wohl bald, wie die Untersuchungen Ritthausen's zeigen, erhöht werden muß. Da nun die Proteïnkörper sich bis jetzt nur sehr schwierig, oder gar nicht in

reinem Zustande abscheiden und bestimmen lassen, so wird die Menge derselben dadurch bestimmt, daß man die betreffende proteïnhaltige Substanz der Elementaranalyse unterwirft und den so erhaltenen Stickstoff mit 6,25 multiplicirt; die so erhaltene Zahl drückt dann die Menge der eiweißartigen Substanz aus. Daß diese Art der Bestimmung durchaus keine genaue und befriedigende ist, wird die nachherige Betrachtung der einzelnen Proteïnkörper zeigen. Hier sei nur noch bemerkt, daß außer den Proteïnkörpern in den Pflanzen noch andere stickstoffhaltige Körper vorkommen, z. B. Ammoniac und Salpetersäure, deren Stickstoff durch die Elementaranalyse ebenfalls erhalten und der vielfach, aber fälschlich als Stickstoff von Porteïnkörpern mit in Berechnung gezogen wird.

§. 5.

Specielle Betrachtung der Proteïnkörper.

1. Pflanzeneiweiß, Albumin.

Dasselbe gerinnt nicht freiwillig, sondern durch Erhitzen bei 55—75° C. und zwar in Flocken. Die Gerinnungs-Temperatur wird durch die Gegenwart freier Alkalien, organischer Säuren und durch Verdünnung mit Wasser erhöht und durch Alkalisalze erniedrigt. Durch Lab und Kohlensäure gerinnt es nicht; dagegen durch die einbasische Phosphorsäure und Alkohol. Die meisten Salze der Erden und schweren Metalloxyde bilden mit dem Eiweiß unlösliche Verbindungen.

Seine Zusammensetzung ist, wie folgt, gefunden:

	Eiweiß aus Weizen	Eiweiß aus Roggen	Eiweiß aus Linsen	Eiweiß aus Kartoffeln
Kohlenstoff	53,7	54,74	53,1	53,1
Wasserstoff	7,1	7,77	7,2	7,2
Stickstoff	15,7	15,92	—	15,6
Sauerstoff	22,5 }	21,64	—	22,13
Schwefel	1,0 }		0,8	0,97

Das gelöste Eiweiß ist in den Pflanzen sehr verbreitet und wohl als der wichtigste Bestandtheil der Nahrungssäfte anzusehen. Es kommt stets neben Salzen und kleinen Fettmengen vor, in den meisten Fällen wohl auch neben etwas Alkali, weshalb die meisten natürlichen Lösungen desselben schwach alkalisch reagiren. Das lösliche Eiweiß ist von den Proteïnkörpern derjenige, welcher sicher in größter Menge erzeugt wird und für das Leben der Zelle unentbehrlich ist. Seine Löslichkeit und allgemeine Verbreitung machen ihn zu demjenigen Eiweißkörper, welcher den meisten Umsetzungen

unterworfen ist, und so zu den verschiedenartigsten Lebenszwecken verwandt werden kann; er liefert hierbei entweder unmittelbar das Material zur Erzeugung anderer Stoffe oder veranlaßt mittelbar verschiedene Umsetzungen der andern Bestandtheile.

Die Zersetzung organischer Substanzen, z. B. Fleisch, Hülsenfrüchte, beim Tode, d. h. nach dem Aufhören der Lebensthätigkeit, wird durch das lösliche Eiweiß eingeleitet, so daß dieselben am Besten durch Unlöslichmachung desselben (durch Erwärmung bis zum Kochpunkt, oder durch Wasserentziehung [Austrocknung]) conservirt werden.

§. 6.

2. Der Kleber.

Von diesem, so von Einhof für den von Beccari eingeführten Namen Gluten getauften Bestandtheil des Weizens, wies schon Taddei im Jahr 1820 nach, daß er aus zwei Körpern, von denen der eine in heißem Alkohol löslich, der andere darin unlöslich sei, bestehe; er nannte den ersteren Gliadin und den andern Zymom. Diese Angaben wurden im Allgemeinen von Berzelius bestätigt; den in Alkohol unlöslichen Bestandtheil hielt er jedoch für identisch mit Pflanzeneiweiß; Liebig führte für denselben den Namen Pflanzenfibrin ein. Der Kleber ist ferner noch von mehreren andern Chemikern, wie von v. Bibra, Dumas und Cahours untersucht.

Da wir die neuesten und genauesten Arbeiten Ritthausen verdanken, der sich seit einer Reihe von Jahren mit der Untersuchung desselben beschäftigt hat, so werde ich hier den Angaben desselben folgen:

Der Kleber wird aus dem Weizenmehl am Besten dargestellt, wenn man dasselbe mit Wasser zum steifen Teig anrührt, den Teig so lange stehen läßt, bis er sehr zähe geworden ist (1—2 Stunden) und jetzt mit Wasser so lange auswäscht, bis das ablaufende Wasser nur noch wenig getrübt ist; hierbei muß die Masse öfters zerrissen und gepreßt werden; durch das Auswaschen läßt sich aber nie alle Stärke entfernen. Die so erhaltene Substanz (der sogenannte Kleber) besteht nach Ritthausen aus mehreren verschiedenartigen Proteïnstoffen, und aus Stärkemehl und Fett. Als das beste Verfahren, um den Kleber in seine Bestandtheile zu zerlegen, empfiehlt Ritthausen denselben im frischen Zustande, in alkalischem Wasser (von 0,1—0,15 % Gehalt an Kalihydrat) und zwar auf 100 Grm. wasserfreiem Kleber 3 — 4 Grm. Kalihydrat in eine gut verschlossene Flasche zu bringen und oft umzuschütteln. Derselbe löst sich in 24 Stunden auf, so daß sich nach 1—2tägiger Ruhe in niederer Temperatur der größte Theil von Stärke, alle Schalenreste und sonstigen Verunreinigungen im Bodensalze finden. Die noch etwas trübe Flüssigkeit wird dann mit dem Heber abgehoben und mit Essigsäure in möglichst geringem Ueberschuß versetzt, bei einer Temperatur von 5—8° C. Der durch die Essigsäure entstandene Niederschlag wird mit größeren Mengen Weingeist von 60 % Tr. bei gewöhnlicher Temperatur, darauf mit 80 % Weingeist und zuletzt mit absolutem Alkohol ausgewaschen.

Den erschöpften unlöslichen Rückstand, eine feinflockige, voluminöse Masse von grauweißer Farbe, digerirt man in gelinder Wärme mit Aether so lange, bis dieser nichts mehr auflöst, entfernt den Rest von Aether durch absoluten Alkohol und trocknet im luftleeren Raume.

Die weingeistigen Lösungen werden vereinigt und stehen gelassen; sie klären sich unter Abscheidung eines flockigen, Stärkemehl enthaltenden Niederschlags und sind darauf frei von Stärke. Derselbe enthält Pflanzenleim, Pflanzenfibrin und Mucin. Den im Weingeist unlöslichen Theil nennt Ritthausen Para-Caseïn.

a. Das Para-Caseïn.

Der in Weingeist unlösliche Rückstand ist noch nicht reines Para-Caseïn, sondern enthält Stärke und eine kleine Menge eines andern Proteïnstoffes. Er wird daher zur Reindarstellung in soviel alkalischem Wasser von 0,1—0,15 % Gehalt an Kali gelöst, daß auf ein Gramm Trockensubstanz 0,04 Alkali kommt; hierin löst sich der größte Theil des Körpers nach einiger Zeit zu einer bräunlich gelben Flüssigkeit auf, welche durch zahlreiche, sehr kleine Stärkekörnchen und kleine Mengen unlöslich gewordener Substanz getrübt ist. Die Flüssigkeit, welche sich durch Decantiren nicht von dem Unlöslichen trennen läßt, wird filtrirt, was zwar sehr langsam vor sich geht, aber eine vollständige Trennung der Stärkekörnchen bewirkt. Zu dem Filtrate wird Essigsäure in möglichst geringem Ueberschuß gesetzt und so ein grauweißer, käsiger, flockiger Niederschlag erhalten, welcher durch Decantation mit Wasser, dann mit Weingeist gewaschen und schließlich getrocknet wird. Man erhält so eine aus lose zusammenhängenden, voluminösen und leichten Flöckchen zusammengefügte Masse, von erdigem, nicht hornartigem Ansehen und weißer, ins Aschgraue spielender Farbe; sie ist stärkefrei. Diese Substanz ist unlöslich in kaltem und kochendem Wasser und wird durch längere Berührung damit, in eine unlösliche Modification verwandelt; Weingeist und verdünnte Essigsäure bewirken in der Wärme eine theilweise Umwandlung, wobei ein Theil aufgelöst wird; die heiße weingeistige Lösung läßt beim Erkalten das Gelöste als schleimige, käsig-flockige Masse fallen; die essigsaure Lösung verändert sich dagegen beim Erkalten nicht. Löslicher ist die Substanz in essigsäurehaltigem Weingeist, aus welcher Lösung sie durch Aetzalkalien bis zur noch schwachen sauren Reaction zugesetzt, gefällt wird. Weinsäure wirkt, wie die Essigsäure. Kali und Natron, weniger Ammoniac, lösen den Körper auch bei sehr großer Verdünnung ohne Umsetzung leicht in der Kälte auf; durch diese Lösungen kann man Verbindungen mit verschiedenen Metalloxyden erhalten, welche in Wasser sämmtlich unlöslich sind.

Die Substanz besteht im Mittel, in 100 Theilen aus 51,0 C., 6,7 H., 16,1 N., 25,4 O. und 0,8 S.

Diese Zahlen stimmen mit den von Rüling für das Legumin aus Erbsen und Bohnen erhaltenen ziemlich gut überein, ebenso mit denen von Norton für Legumin aus bitteren Mandeln und Erbsen. Trotz dieser Uebereinstimmung in der Analyse und noch verschiedenen anderen Eigenschaften sind doch zwischen derselben und dem Legumin wesentliche Unterschiede im Verhalten gegen Wasser, Weingeist und Ammoniak vorhanden, so daß Ritthausen ihn mit dem Namen Para-Caseïn bezeichnet.

b) Pflanzen-Fibrin.

Dasselbe stellte Ritthausen aus der weingeistigen Lösung, welche beim Extrahiren des aus alkalischer Lösung gefällten Klebers erhalten, durch Concentration mittelst Abdestilliren des Alkohols bis etwa auf die Hälfte dar, wobei sich nach erfolgter Abkühlung eine schleimige, klare Masse von bräunlich gelber Farbe, vermengt mit Para-Caseïn, Fett, Mucin und wenig Leim, abscheidet. Dieselbe wird mit absolutem Alkohol behandelt, wodurch Leim, Mucin und etwas Fett abgeschieden und dieselbe entwässert wird, darauf durch Aether entfettet und dann mittelst Alkohol in der Leere getrocknet. Man löst sie in wenig heißem Weingeist von 60 % Tr., um Mucin und Leim vollständig zu trennen, welche beim Erkalten gelöst bleiben, während sich Fibrin und Para-Caseïn als braun-gelbe, klare Substanz, mit käsigen Flocken untermengt, abscheiden. Der Niederschlag wird wieder in heißem Alkohol gelöst; beim Erkalten scheidet sich jetzt Para-Casein aus, während Fibrin noch in Lösung bleibt; beide werden durch Filtration und Auswaschen mit kaltem Weingeist getrennt. Das Filtrat durch Eindampfen concentrirt und stark abgekühlt; hierbei scheidet sich Fibrin aus, das sich nach 1—2 Tagen vollständig am Boden sammelt und eine zusammenhängende, sehr zähe Masse von bräunlich-gelber Farbe bildet; es wird dann noch 1—2 mal in etwa 70 % Weingeist gelöst und so vollständig rein erhalten.

Die Trennung von Mucin und Leim läßt sich auch durch Auflösung des völlig getrockneten Gemisches in verdünnter heißer Essigsäure und Fällung durch Kali oder Ammoniac bewirken.

Das Fibrin wird durch Behandlung mit absolutem Alkohol lederartig, dann gelblich weiß, undurchsichtig und hart. Nach der Fällung gleich getrocknet, bildet es harte, spröde, durchscheinende, hornartige Platten, von bräunlich gelber Farbe. Während aber durch die erste Behandlung das Fibrin in seinen Löslichkeitsverhältnissen unverändert bleibt, wird hierdurch ein Theil in die unlösliche Modification übergeführt. In Wasser ist es unlöslich, durch Kochen mit demselben wird es theilweise zersetzt und verwandelt sich durch längere Berührung mit Wasser, wie das Caseïn, in eine in Weingeist, Essigsäure und Kali unlösliche Modification, welche eine durchscheinende, weißliche, voluminöse Gallerte darstellt. In Wein-

geist von 30—70 % Tr. ist das Fibrin in der Hitze leicht mit bräunlich-gelber Farbe löslich, aus welcher Lösung es sich beim Erkalten fast vollständig wieder ausscheidet; wird die Lösung concentrirt, scheidet sich auf der Oberfläche eine klare, dicke und weiche Haut ab, welche hinweggenommen sich stets von Neuem wieder bildet. Diese Eigenschaft haben weder Mucin noch Leim. Verdünnte Essigsäure löst es in der Kälte und Wärme mit bräunlich-gelber Farbe klar auf, woraus Alkalien das Fibrin in weiße Flocken fällen. Weinsäure löst es in der Kälte allmählich vollkommen klar und fast farblos; ebenso Salpetersäure von 1,1 spec. Gewicht in der Wärme unter kaum merklicher Entwickelung von Untersalpetersäure. Ferner lösen Kali und Natron auch bei sehr starker Verdünnung das Fibrin in der Kälte ohne es zu zersetzen; Säuren, bis zur Neutralisation zugesetzt, fällen das Fibrin wieder. Ammoniac, sowie Kalk und Barytwasser lösen nur wenig auf. Im Mittel besteht das Fibrin in 100 Theilen aus:

54,31 C., 7,18 H., 16,89 N., 20,61 O. u. 1,01 S.

c) Mucin.

Ritthausen erhielt das Mucin durch Concentration der weingeistigen Lösung, aus welcher das Fibrin mit andern Stoffen gefällt war, wobei sich beim Erkalten ein Niederschlag, der ein Gemenge von Fibrin, Mucin und Pflanzenleim ist, ausscheidet. Derselbe wird entwässert, durch Aether entfettet, in der Leere getrocknet und dann in 60—70 % Alkohol gelöst; aus dieser Lösung scheidet sich durch starken Alkohol ein flockiger, bald sich dicht zusammensetzender Niederschlag von gelblich-weißer Farbe und bröcklicher Consistenz ab, während die Flüssigkeit milchig bleibt. Durch mehrmaliges Wiederholen dieses Verfahrens erhält man reines Mucin.

Das Mucin ist im frischen Zustande von schleimiger Consistenz, schwach gelblich-weißer Farbe, etwas durchscheinend, stark seide- und wenig perlmutterglänzend. Getrocknet ist es eine hellgelbe, klare, feste und spröde Masse, welche von vielen kleinen Rißchen trübe und bröcklich erscheint, aber sich nicht, wie der Pflanzenleim in zusammenhängenden Platten erhalten läßt. Durch Alkohol entwässert und in der Leere getrocknet, stellt es weiße, wenig gelbliche Stücke dar, welche nur geringen Zusammenhang haben und weit weniger spröde sind, als der Leim.

In 60—70 % Alkohol löst es sich leicht, klar und fast farblos auf. Die Lösung trübt sich bei ausreichendem Weingeist nach dem Erkalten nicht; starker Weingeist von 90—95 % fällt es in Flocken, welche sich zu einer bröcklichen, gelblich-weißen Masse zusammensetzen. Auch schwächerer Weingeist löst es beim Erwärmen; hier scheidet es sich aber beim Erkalten theilweise wieder aus.

Säuren lösen es in der Kälte und Wärme, auch in sehr verdünntem Zustande, leicht und vollständig auf; Salpetersäure indeß nur in der Wärme. Aus den essigsauren Lösungen fällen Alkalien es wieder aus.

Alkalien und die Lösungen der alkalischen Erden lösen es in der Kälte und Wärme leicht klar auf; aus welchen Lösungen das Mucin durch Säuren wieder gefällt wird.

In Wasser ist es nur wenig löslich, dagegen läßt es sich schon in der Kälte im frischen Zustande durch Aufrühren darin so vertheilen, daß eine trübe schleimige Flüssigkeit entsteht, aus der sich bei längerer Ruhe dasselbe unverändert wieder abscheidet; in der Wärme erfolgt die gleichmäßige Mischung von selbst ohne Veränderung; bei Kochhitze wird das Wasser milchig trübe und erhält sich so noch nach wochenlangem Stehen, wobei sich langsam eine zähe flockige Substanz absetzt, welche nur zum Theil in Weingeist und Essigsäure löslich ist. Längeres Kochen zersetzt somit das Mucin in eine unlösliche und eine in Wasser lösliche Substanz. Das Mucin besteht in 100 Theilen in Mittel aus 54,11 C., 6,90 H., 16,63 N., 21,48 O. und 0,88 S.

Der Name Mucin wurde von Saussure für die Substanz eingeführt, welche er nach Abscheidung des sog. Gliadins aus den weingeistigen Lösungen durch Verdampfen bis zur Entfernung des Alkohols erhielt; dies ist aber ein Gemisch von Leim mit Stärke und Umwandlungs-Producten desselben.

d. Pflanzenleim.

Derselbe wird sehr rein aus den weingeistigen Abkochungen des Klebers erhalten, wenn man nach der Fällung des Caseïns den Alkohol abdestillirt, den Rückstand bis auf etwa 25° C. abkühlt, das noch Gelöste abgießt und für sich vollständig erkalten läßt; hierbei scheidet sich Leim mit höchst geringen Mengen Caseïn und wenig Fett ab.

Dieser Leim nochmals in 45% Weingeist unter Erwärmen gelöst, eine Zeit lang gekocht, filtrirt, Caseïn durch Erkältung mit etwas Leim gefällt und die Flüssigkeit eingedampft, giebt fast reinen Leim, der durch absoluten Alkohol und in der Leere über Schwefelsäure getrocknet wird. Man erhält auch reinen Leim durch Digeriren des Gemenges mit sehr verdünnter Essigsäure, wobei Caseïn entweder ganz ungelöst bleibt oder durch fractionirte Fällung mit Ammoniac abgeschieden wird. Der Leim ist rein, wenn seine weingeistige Lösung vollkommen klar ist und Ammoniac (auch Kali und Natron) ihn aus essigsaurer Lösung als ganz klaren, in dünner Schicht farblosen, leichtfließenden Firniß fällt.

Der getrocknete Leim schwimmt in Wasser und nimmt dasselbe in der Kälte nur langsam, schneller in der Wärme auf; nach der Sättigung bilden sich weiche, sehr klebrige, weißliche Klumpen, die

ebenfalls schwimmen. Nach wiederholtem, heftigem Schütteln wird das Wasser opalisirend trübe und schäumend.

Mit Wasser durchtränkte Stücke, bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft getrocknet, sind stark gelblich braun und entwickeln beim Befeuchten mit Wasser den dem thierischen Leim eigenthümlichen Geruch; beim Kochen mit Wasser verwandeln sich die einzelnen Stücke in klare, sehr klebrige Klümpchen von gelblicher Farbe; die Flüssigkeit abfiltrirt, trübt sich beim Erkalten und liefert einen dem angewandten Leim nahe zu gleichen Körper. Bei wiederholtem Kochen bleibt schließlich eine unlösliche Substanz zurück, welche wegen ihres geringeren Stickstoff- und höheren Schwefelgehaltes wohl nur als Zersetzungs-Product anzusehen ist.

Die nach der Ausfällung mit Ammoniac bleibende Lösung eingedampft und eingeäschert, enthält wenig phosphorsaures Salz, aber viel kohlensaures Kali; das Kali ist sicherlich durch die Essigsäure den ursprünglichen Verbindungen entzogen worden. Da das Kali, durch kochendes Wasser ausgezogen, leicht zersetzend auf Caseïn und Leim einwirken kann, indem es Schwefel und Stickstoff ausscheidet, so erklärt dies wohl, die sehr abweichende Zusammensetzung der von Günsberg untersuchten unlöslichen Rückstände, nach dem dieselben stickstoffärmer sind und keinen Schwefel enthalten.

Nach Ritthausen besteht der Leim in 100 Theil im Mittel aus 52,6 C., 7,0 H., 18,06 N., 0,85 S. und 21,49 O.

Concentrirte Salzsäure löst den Leim in der Wärme zu einer klaren Flüssigkeit von bläulicher Färbung und deutlichem Schimmer von braun auf; Salpetersäure zu einer klaren gelben Flüssigkeit, die sich beim Erkalten ein wenig trübt; verdünnte Phosphorsäure giebt beim Kochen eine trübe Flüssigkeit; Weinsäure löst beim Kochen völlig klar; Essigsäure löst unter allen Verhältnissen leicht und vollkommen klar; Kali und Natron lösen selbst in sehr geringer Menge und sehr verdünnt leicht in der Kälte ohne Veränderung, in der Hitze unter Zersetzung; Ammoniac dagegen schwerer; Kalk und Barytwasser wirken ebenfalls lösend und geben klare Flüssigkeit von gelblicher Farbe. — Frisch gefällter Leim wird von all' diesen Stoffen viel leichter als getrockneter gelöst.

Das Millon'sche Reagens (salpetersaures Quecksilberoxydul, das salpetrige Säure enthält) giebt mit frischem Leim die bekannte schöne rothe Farbe, mit getrocknetem dagegen eine braunrothe, concentrirte Schwefelsäure und Zucker zeigt vorübergehend gelbe und rothe Färbung, nach einer viertel bis halben Stunde tritt das bekannte schöne Violett auf, die Lösung ist dunkel violettroth gefärbt.

§. 7.

3. Legumin.

Mit diesem Namen ist die in den Hülsenfrüchten dem Kleber der Cerealien entsprechenden Substanz von Braconnot genannt worden. Von v. Liebig wurde sie dann Pflanzen-Caseïn genannt, sie unterscheidet sich jedoch, wie Ritthausen gezeigt hat, in ihrem Verhalten gegen Weingeist, Ammoniac und Wasser von dem Para-Caseïn. Ob aber doch beides dieselben Körper sind, ob, wie Ritthausen als möglich hinstellt, die Verbindung des Para-Caseïns mit $\frac{1}{2}$ — 1 % Kali, das lösliche Pflanzen-Caseïn bildet, müssen erst weitere Untersuchungen, wie sie von Ritthausen angestellt werden, erweisen. Vielleicht zeigt sich dann, daß das Legumin auch nicht aus einem, sondern ebenfalls aus zwei oder gar mehreren Stoffen besteht.

Ich schließe hiermit die Beschreibung der Proteïnstoffe, deren Untersuchung noch lange nicht abgeschlossen ist, auch wohl sobald noch nicht abzuschließen ist, da sie mit bedeutenden Schwierigkeiten und großem Zeitaufwande verbunden ist. Wir sind deshalb Männern, wie Ritthausen, welche sich schon seit Jahren damit beschäftigten, zu größtem Dank verpflichtet.

§. 8.

II. Die Alkaloide.

Die Alkaloide oder pflanzliche Basen genannten Körper führen diesen Namen von ihren basischen Eigenschaften, welche zuerst von Sertürner 1816 entdeckt wurden. Von diesen Stoffen kennt man jetzt eine große Anzahl, von denen ein Theil fertig gebildet in den Pflanzen vorkommen, der größere Theil künstliche Producte sind. Wir wollen hier nur die natürlich Vorkommenden betrachten:

Die Pflanzenalkaloide finden sich vorherrschend nur in einigen Pflanzenfamilien; von unsern gewöhnlichen Culturgewächsen enthalten, ein solches nur die Kartoffeln (Solanin) und der Tabak (Nicotin). Die Papaveraceen, die Ranunculaceen, die Rubiaceen, die Euphorbiaceen, Cinchoneen, Colchiceen und manche andere zeichnen sich in manchen ihrer Gattungen durch ihren Alkaloid-Gehalt aus.

Die Alkaloide sind durch ihre arzeneilichen Eigenschaften bekannt; manche von ihnen sind äußerst starke Gifte und wirken theils als acria, Magen- und Darmentzündung hervorrufend, theils als narcotica auf das Gehirn und Rückenmark; andere sind scharfe

Reiz-, noch andere energische tonische Mittel. Gegen die Alkaloid-Gifte sind die besten Gegenmittel, Magnesiahydrat, Gerbstofflösung und jodhaltiges Jodkalium.

Ein Theil der Pflanzen-Alkaloide ist flüchtig, ein anderer Theil nicht. Die flüchtigen erhält man durch Destillation des Pflanzentheils mit Wasser welchem man ein unorganisches Alkali oder Kalkerde zugefügt hat, das zur Freimachung des Alkaloids aus der Salzverbindung, in der es meistens in den Pflanzen vorkommt, dient. Das Destillat wird dann mit Schwefelsäure gesättigt, verdampft, der Rückstand, in welchem sich das Alkaloid, an Schwefelsäure gebunden, vorfindet, mit Alkohol aufgelöst; dieser darauf wieder verdunstet, das Salz mit einem wässrigen Alkali vermischt und von Neuem destillirt und so das Alkaloid erhalten. Die nicht flüchtigen Alkaloide stellt man durch Extraction der Pflanzen mit schwach-säurehaltigem Wasser (Schwefelsäure oder Salzsäure), Zersetzung des Salzes durch eine unorganische Base, wobei man entweder 2fach kohlensaures Alkali, Magnesia oder Kalkerde benutzt, dar. Das so erhaltene freie Alkaloid wird dann, wenn es unlöslich ist, mit Alkohol ausgekocht und durch Kohlen von den Beimengungen gereinigt; ferner wendet man auch Gallusgerbsäure, Thonerdehydrat, Aether und Chloroform zur Reindarstellung an.

Die Alkaloide bestehen aus Kohlenstoff, dessen Gehalt stets ein großer ist, Wasserstoff und Stickstoff; ein Theil und zwar der größte, enthält noch Sauerstoff.

Nach Berzelius sind die Alkaloide gepaarte Verbindungen von Ammoniac mit einem stickstofffreien organischen Körper; nach den Arbeiten von Hofmann, Gerhardt und Andern kann jedoch jetzt kaum noch bezweifelt werden, daß man sie als Substitutionen von Ammoniac (NH^3) oder von Ammoniumoxydhydrat (NH^4O,HO) anzusehen hat.

§. 9.

a. Die sauerstofffreien Alkaloide.

Hier sind zu nennen:

1. Das Coniin $C^{16}H^{15}N$ und das Methylconiin $C^{18}H,^{17}N$, beide im Schierling (Conium maculatum) vorkommend, sind sich so ähnlich, daß sie nur durch die Elementaranalyse zu unterscheiden sind. Das Coniin ist eine sehr giftige Basis; es stellt ein farbloses Oel von 0,87 sp. G. dar, siedet bei 212° und ist in Wasser nur wenig, dagegen in Alkohol, Aether und Oelen in jedem Verhältniß löslich. Rein ist es geruchlos, reagirt mit Wasser gemischt, stark alkalisch und giebt mit Salzsäure Nebel.

2. Nicotin $C^{10}H^7N$; dasselbe kommt in den Blättern und Samen des Tabaks gebunden an Aepfel- und Citronensäure vor; es ist ein farbloses Oel von 1,04 sp. G., raucht bei 100° C. und siedet bei 250°; es riecht und schmeckt nach Tabak, ist in Wasser löslich, ebenso in Alkohol, Aether und fetten Oelen; seine wässrige Lösung reagirt stark alkalisch.

3. Spartein, $C^{15}H^{13}N$, dasselbe ist im Pfriemenkraut enthalten; es ist ein dickflüssiges, farbloses, narkotisch wirkendes Oel.

§. 10.

b. Die sauerstoffhaltigen Alkaloide.

1. Alkaloide der Solaneen.

α. Hyoscyamin; Zusammensetzung noch nicht ermittelt, im Bilsenkraut enthalten, stellt seidenglänzende Nadeln mit scharfem Geschmack und im feuchten Zustande unangenehmen Geruch dar; es ist sehr giftig und erweitert die Pupille sehr.

β. Atropin, $C^{14}H^{23}NO^{6}$; es kommt in allen Theilen des Stechapfels und der Tollkirsche vor, krystallisirt auch in seidenglänzenden Nadeln, schmeckt äußerst bitter, und erweitert die Pupille am stärksten.

γ. Solanin; der so benannte Körper wurde früher als das Alkaloid der Solaneen (einer Pflanzenfamilie, zu welcher die Kartoffel gehört) bezeichnet; seine Existenz ist aber in neuester Zeit in Zweifel gezogen worden.

2. Alkaloide der Strychnosorten.

Dieselben kommen vor Allem in den Früchten von Strychnos nux vomica (Krähenaugen) vor, und sind starke Gifte; zu nennen sind hier:

α. Das Strychnin $C^{42}H^{22}O^{4}N^{2}$; die giftigste dieser Basen; es krystallisirt in vierseitigen, farblosen Säulen oder in Octaedern; es ist fast unlöslich in Wasser, absolutem Alkohol, Aether und fetten Oelen, dagegen löslich in verdünntem Alkohol und ätherischen Oelen.

β. Brucin $C^{46}H^{26}N^{2}O^{8}$, ein Begleiter des Strychnins in den Krähenaugen, weniger giftig als das Strychnin; schwer löslich in Wasser, Aether und ätherischen Oelen, leicht löslich in Alkohol.

3. Die Alkaloide des Kaffee's oder Thee's.

Außer im Kaffee und dem chinesischen Thee kommt das Caffeïn oder Theïn noch in andern Pflanzen vor, z. B. im Paraguaythee und in der Paullinia sorbilis, aus der das Guarana, ein in Brasilien als Arzneimittel geschätzter Stoff, gewonnen wird; seine Zusammensetzung ist $C^{16}H^{10}N^{4}O^{4},2HO$; es krystallisirt in farblosen, seidenglänzenden Nadeln, ist wenig in kaltem Wasser, leicht in heißem, in Alkohol und Aether löslich, die Lösungen schmecken schwach bitter und reagiren nicht alkalisch; es ist somit eine schwache Basis,

bildet aber doch mit Säuren Salze, welche aber oft schon durch Wasser und Alkohol zerlegt werden.

Das Caffeïn soll den Stoffwechsel verlangsamen; in größeren Dosen (schon beim Genuß von sehr starkem Kaffee) verursacht es Congestionen zum Gehirn, Zittern und vermehrte Herzthätigkeit.

β. Theobromin, $C^{14}H^{8}N^{4}O^{4}$; dies Alkaloid kommt in den Cacaobohnen vor; es ist ein krystallinisches Pulver, welches in kaltem und selbst in heißem Wasser wenig und noch weniger in Alkohol und Aether löslich ist.

4. Die Alkaloide der Chinarinde.

In der Rinde der Cinchona-Arten (der sog. Chinarinde) kommen mehrere Alkaloide vor und zwar das Chinin, welches in der gelben, das Cinchonin, das in der grauen Rinde überwiegend sein soll, ferner das Aricin, Chinidin und Cinchonidin; von diesen sind vor allen die beiden ersten Basen medicinisch von Wichtigkeit.

α. Chinin, $C^{40}H^{24}N^{2}O^{4}$. Es ist farblos und krystallinisch, reagirt stark alkalisch, schmeckt sehr bitter, ist in Wasser etwas schwer, dagegen leicht in Alkohol, Aether, Chloroform, flüchtigen und fetten Oelen löslich. Mit den Säuren giebt es zwei Arten von Salzen, neutrale und saure. Das Chinin wird als Mittel gegen Fieber und tonisch angewandt,

β. Cinchonin, $C^{40}H^{24}N^{2}O^{2}$; es krystallisirt in 4seitigen Säulen oder Nadeln, ist in kaltem, fast auch in kochendem Wasser und Aether unlöslich, und in Alkohol schwerer löslich als das Chinin; die alkalische Lösung reagirt stark alkalisch. Während die andern natürlichen Alkaloide gewöhnlich links polarisiren, so das Cinchonin rechts.

5. Die Alkaloide des Opiums (Papaveraceen).

Das Opium, der eingetrocknete Milchsaft, aus den Köpfen des weißen Mohnes (Papaver somniferum) enthält mehrere Alkaloide, welche theils durch ihre arzneiliche Wirkung, theils durch ihre giftigen Eigenschaften ausgezeichnet sind. Am reichsten an diesen Alkaloiden ist das orientalische Opium, in welchem 8 derselben enthalten sind: Morphin, Narcotin, Codeïn, Thebaïn, Narceïn, Papaverin, Pseudomorphin, Porphyroxin und Opianin.

α. Morphin (Morphium), $C^{34}H^{19}NO^{6} + 2aq$. Dies ist das wichtigste Alkaloid des Opiums; es krystallisirt in farblosen, rhombischen Säulchen, schmeckt stark bitter und ist geruchlos; in kaltem Wasser schwer, leichter in heißem Wasser löslich, fast unlöslich in Aether und ziemlich leicht in Alkohol löslich, und reagirt alka-

lisch; seine Salze sind in Wasser und Alkohol löslich, dagegen in Aether unlöslich. Von den Opiumbasen wirkt das Morphin am stärksten narkotisch, es verursacht in geringen Dosen Schlafsucht und rauschartige Erregung, in starken den Tod.

β. Narcotin $C^{42}H^{21}NO^{14}$. In neuester Zeit ist die Existenz von 4 homologen Narcotinbasen behauptet worden, nämlich dem Narcotin, dem Methylnarcotin (welches 2CH mehr), dem Aethylnarcotin (welches 4CH mehr) und dem Propylnarcotin (welches 6 CH mehr als das Narcotin enthält). Das sogenannte Narcotin ist in Aether leicht löslich, wodurch es sich von dem Morphin unterscheidet und von demselben getrennt wird.

γ. Codeïn, $C^{36}H^{21}NO^{6}$; dasselbe krystallisirt in farblosen, rhombischen Krystallen, ist löslich in Wasser, noch leichter in Alkohol und Aether und reagirt stark alkalisch.

Von den Opiumbasen sind diese drei die wichtigsten, weshalb wir die andern auch nur dem Namen nach angeführt haben.

Als einige andere, häufiger vorkommende Alkaloide sind endlich noch zu erwähnen das Chelidonin (im Schöllkraute), das Glaucin (in Glaucium luteum), das Veratrin (in der weißen Nießwurz), das Aconitin (in Aconitum Napellus), Colchicin (in der Herbstzeitlose), das Delphinin (im Rittersporn, Delphinium Staphysagria), Berberin (in den Columbowurzeln), Emetin (in Ipecacuanha), Bebeerin (in Nectandra Rodiei), ein Surrogat für die China-Alkaloide und Piperin (im Pfeffer).

§. 11.

B. Stickstofffreie organische Körper.

I. Die Kohlehydrate.

Es sind dies nicht flüchtige, indifferente Körper, in denen Sauer- und Wasserstoff in demselben Verhältnisse, wie im Wasser enthalten sind. Sie sind alle nach der Formel $C^m H^n O^n$ zusammengesetzt.

Die Kohlehydrate werden vorzugsweise von den Pflanzen erzeugt (Ausnahme der Milchzucker).

Von den Kohlehydraten sind hier zu nennen:

1. Die Zuckerarten.

Dies sind süße, in Wasser leicht, ebenso in verdünntem Alkohol lösliche, dagegen in Aether unlösliche Körper; meistens fest und krystallinisch, einige dickflüssig; ihre verdünnten Lösungen nicht schleimig.

a. Rohrzucker.

Der Rohrzucker kommt in vielen Pflanzen fertig gebildet vor, z. B. im Zuckerrohr, den Rüben, in den Halmen des Getreides vor und

während der Blüthe, im Mais, in einzelnen mehligen Früchten vor der Reife, z. B. den grünen Erbsen; ferner in den Palmen, Nüssen, Bananen, Kürbissen, Ahorn u. s. w. Künstlich ist er noch nicht dargestellt worden. Er besteht in 100 Theilen aus:

Kohlenstoff = 42,104,
Wasserstoff = 6,431,
Sauerstoff = 51,465,

und hat die Formel $C^{12}H^{11}O^{11}$.

Durch Säuren wird der Rohrzucker in Frucht- und Traubenzucker verwandelt. Der Rohrzucker verbindet sich mit Basen, z. B. Kali, Natron, Ammoniak, Baryterde, Kupferoxyd, Bleioxyd u. s. w.; diese Verbindungen heißen Saccharate; er zerfällt durch Gährung nach vorheriger Verwandlung in Fruchtzucker, hauptsächlich in Alkohol und Kohlensäure.

Der Rohrzucker entzieht dem Kupferoxyd die Hälfte des Sauerstoffs nicht in der Kälte, sondern erst bei fortgesetztem Kochen, dies ein Unterschied von den übrigen Zuckerarten, welche das CuO schon in der Kälte zu Cu_2O reduciren In absolutem Alkohol ist er unlöslich. Der Rohrzucker polarisirt nach rechts.

b. Traubenzucker und Fruchtzucker.

Der Traubenzucker führt auch die Namen: Krümelzucker, Stärkezucker, Honigzucker, Harnzucker und Glykose. Beide Zuckerarten sind im Pflanzenreich ebenfalls sehr verbreitet; sie kommen in sauren Säften, in denen Rohrzucker, wie wir vorher gesehen haben, nicht enthalten sein kann, vor; der Fruchtzucker findet sich vor allen im Safte der Früchte.

Der Traubenzucker besteht aus

	krystallisirt	wasserfrei
Kohlenstoff	36,36	40,00,
Wasserstoff	7,07	6,66,
Sauerstoff	56,56	53,53,

und hat krystallisirt die Formel $C^{12}H^{12}O^{12}$, 2HO, im wasserfreien Zustande $C^{12}H^{12}O^{12}$.

Der Fruchtzucker hat die Zusammensetzung des wasserfreien Traubenzuckers; er verwandelt sich in concentrirter Lösung theilweise in Traubenzucker.

Der Rohrzucker wird durch Säuren in Traubenzucker verwandelt; letzterer wird ferner aus Stärke durch Kochen mit Säuren und durch Diastase erhalten. Beide Zuckerarten verbinden sich ebenfalls mit Basen, jedoch ist die Darstellung dieser Verbindungen bedeutend schwerer, als die der entsprechenden Basen mit Rohrzucker

darzustellen. Durch starke Basen wird der Traubenzucker zersetzt, indem Glucinsäure entsteht.

Der Trauben- sowie Fruchtzucker reducirt die alkalische Kupferoxyd-Lösung (Trommer'sche Zuckerprobe) schon in der Kälte, schneller noch beim Erwärmen. Auf dieses Verhalten des Traubenzuckers beruht die Fehling'sche Gewichtsbestimmung desselben.

Der Traubenzucker dreht die Polarisations-Ebene nach rechts; der Fruchtzucker nach links.

c. Sorbit.

Derselbe ist dem Traubenzucker sehr ähnlich, nur der alkoholischen Gährung nicht fähig; er ist nach der Formel $C^{12}H^{12}O^{12}$ zusammengesetzt. Er findet sich im Safte der Vogelbeeren (sorbus aucuparia).

d. Melitose.

Dieselbe hat die Zusammensetzung des krystallisirten Traubenzuckers und ist gährungsfähig, reducirt dagegen die alkalische Kupferoxydlösung erst nach Digeriren mit wässrigen Säuren.

e. Eycalyn.

Dasselbe hat die Zusammensetzung des Fruchtzuckers, ist nicht gährungsfähig und reducirt die alkalische Kupferoxydlösung. Melitose und Eycalyn sind in der Manna, einer von Eycalyptus mannifera in Australien stammenden Substanz, entdeckt worden.

Außer diesen aufgeführten Zuckerarten giebt es noch eine ganze Reihe von Körpern, welche zu dieser Gruppe gehören; das Vorkommen derselben ist aber, so viel bis jetzt bekannt, ein beschränktes; zum großen Theile sind sie auch noch nicht genau untersucht; weßhalb wir auf dieselben hier nicht weiter eingehen.

2. Dextrin.

Von dem Dextrin, auch Stärkegummi genannt, ist es bis jetzt noch nicht festgestellt, ob es in den Pflanzen enthalten ist. Es wird durch Säuren und Diastase aus Stärke dargestellt; ist in Alkohol un- und in Wasser leicht löslich; diese Lösung ist im concentrirten Zustande stark klebrig. Gegen alkalische Zuckerlösungen verhält es sich wie Traubenzucker. Es polarisirt nach rechts. Seine Zusammensetzung drückt die Formel $C^{12}H^{10}O^{10}$ aus.

§. 12.

3. Amylum.

Das Amylum oder Stärkemehl kommt in allen mehligen Pflanzentheilen vor: in den Samen der Cerealien und Hülsenfrüchte, in

den Kartoffeln u. s. w. Es ist sehr allgemein verbreitet und findet sich in den verschiedensten Theilen der Pflanzen: den Samen, Blättern (Zwiebeln), Wurzeln, Knollen, markigem Stengel, ja selbst im Splint und der Rinde.

Die Stärke kommt in den Pflanzen formlos, in einfachen Körnern und als zusammengesetztes Korn vor; das Vorkommen als einfaches Korn ist das gewöhnliche; die Form und Größe der Körner nach der Pflanze verschieden. Die Stärke ist im gewöhnlichen Zustande in Wasser unlöslich (bei Zerstörung der Körner, z. B. durch Reiben mit Sand ist ein Theil löslich), sie bildet mit warmem Wasser Kleister und mit Jod die blaue Jodstärke; letzteres ist mikroscopisch zu ihrer Erkennung ausgezeichnet; durch Säuren und durch Diastase wird sie in Dextrin, dann in Traubenzucker verwandelt. Aehnlich wie die Diastase wirkt unter anderm der Speichel.

Das Stärkemehl ist nach der Formel $C^{12}H^{10}O^{10}$ zusammengesetzt und enthält in 100 Theilen

Kohlenstoff = 44,444,
Wasserstoff = 6,173,
Sauerstoff = 49,383.

4. Inulin.

Dasselbe, der Stärke in seiner Zusammensetzung gleich, kommt in den Knollen des Topinamburs, in den Wurzeln des Löwenzahns, in den Georginenknollen, der Cichorie u. s. w. vor. Es ist in denselben als fleischige Verdickungs= oder Ausfüllungsmasse enthalten. Das Inulin bildet keinen Kleister, ist in heißem Wasser löslich und verwandelt sich beim Erhitzen mit reinem Wasser, noch schneller bei Gegenwart von Säuren in Fruchtzucker; durch Jod wird es vorübergehend gelb gefärbt.

5. Lichenin.

Das Lichenin oder die Moosstärke findet sich in den Flechten; die Zusammensetzung ist die des Stärkemehls.

§. 13.

6. Die Cellulose.

Die Cellulose, Zellstoff, Pflanzenfaser, auch Holzfaser genannt, ist derjenige Stoff, aus welchem die Wände aller pflanzlichen Zellen nebst ihrer Verdickungsmasse bestehen, ausgenommen hiervon sind

die Cuticular-Gebilde (d. h. gewisse Oberhautgebilde), zu denen auch der Kork gehört, sowie die Zellenmembran-Substanz der Pilze und Flechten. Je dünnwandiger dieselben und je mehr dieselben mit Inhalt gefüllt sind, um so mehr ist die Menge der Cellulose vermindert, wie dies z. B. bei den Samen, Stengeln und Blättern, fleischigen Wurzeln u. s. w. der Fall ist.

Die Cellulose besteht in 100 Theilen aus

Kohlenstoff = 44,444,
Wasserstoff = 6,173,
Sauerstoff = 49,383,

und hat die Formel $C^{12}H^{10}O^{10}$. Dieselbe ist im reinen Zustande weiß, höchst hygroscopisch und durchdringbar für Wasser und andere Flüssigkeiten. Beide Eigenschaften sind für das pflanzliche Leben von ganz außerordentlicher Wichtigkeit. In ihrem chemischen Verhalten zeigt sich die Cellulose fast indifferent; sie ist in Wasser, Alkohol, Aether, verdünnten Säuren und Alkalien unlöslich, löslich dagegen in Kupferoxyd-Ammoniak. Durch Schwefelsäure wird die Cellulose derartig verändert, daß Jod die Reaction wie bei der Stärke hervorbringt, allmählig wird dann die Cellulose durch die Einwirkung der Schwefelsäure in Dextrin verwandelt. Aehnlich wie Schwefelsäure wirkt auch Chlorzink auf Stärke; Alkalilösungen quellen dieselbe zunächst auf und zersetzen sie dann. Durch die Einwirkung concentrirter Salpetersäure und concentrirter Schwefelsäure wird aus der Cellulose die Schießbaumwolle gebildet, deren Auflösung in Aether den Namen Collodion führt.

§. 14.

Anhang.

Das Lignin kommt im Holze der Bäume vor, und giebt demselben die es von der eigentlichen Cellulose unterscheidenden Eigenschaften; wir finden es ferner nach Schulze im Stroh und Heu, sowie in den harten Schaalen der Steinfrüchte.

Die Menge des Lignins in den genannten Stoffen ist nach Schulze eine sehr bedeutende, denn nach ihm enthält das Roggenstroh 46,254 %, das Eichenholz 54,125 % und die Walnußschaalen 65,928 %.

Das Lignin ist einer von den Stoffen, aber durchaus nicht der einzige, welcher die Verdickung der Zellwände verursacht; es gehört somit zu den sogenannten incrustirenden Substanzen. Die Zusammensetzung desselben ist

Kohlenstoff 56,0
Wasserstoff 5,8
Sauerstoff 38,2

und somit seine Formel $C^{38}H^{24}O^{20}$; es gehört also nicht mehr zur Familie der Kohlehydrate. Das Lignin ist ebenso wie die Cellulose in Wasser, Aether, Alkohol, verdünnten Säuren und Alkalien unlöslich. Von der Cellulose ist es durch die Leichtigkeit, mit welcher es durch Chlor, durch oxidirende Agentien, theilweise auch durch alkalische Laugen und durch den Verwesungs-Proceß angegriffen wird, unterschieden. Durch Schwefelsäure wird es geschwärzt und in kohlig aussehende Producte zersetzt; Jod färbt es schmutzig braun. (Schulze.)

b. Die Cuticularsubstanz oder der Korkstoff.

Dieselbe bildet die Oberfläche aller Stengel und Blättergebilde der Pflanzen, und führt, sobald sie eine einfache Schicht auf den Oberhautzellen bildet, den Namen Cuticula und wenn sie aus mehreren über einander liegenden Zellenreihen besteht, den Namen Kork. Sie kommt theilweise in sehr geringen Mengen auf jungen Blättern, theilweise in bedeutender Menge — Korkeiche, Korkulme, Kartoffelschorf — vor. Die Cuticula ist undurchdringbar für Wasser und Luft. (Schulze.)

Die Cuticula ist schwer rein zu erhalten; nach Mitscherlich besteht sie aus 63 bis 65 Kohlenstoff, 7 bis 8 Wasserstoff, 1 bis 3 Stickstoff und 24 bis 29 Sauerstoff. Heiße alkalische Lösungen lösen sie leicht auf; ebenso wird sie leicht durch Salpetersäure zerstört; von Jod wird sie ebenfalls gelbbraun gefärbt.

§. 15.

7. Die Pflanzenschleime.

Dieselben sind nach Mulder Pectinsäure, dagegen von Schmidt als Kohlehydrate erkannt. Ihre Verschiedenheiten unter einander rühren nach Schmidt nur von dem verschiedenen Gehalte derselben an Mineralstoffen her, was jedoch durchaus noch nicht bewiesen ist und von Frank für unmöglich gehalten wird. Größer als in chemischer Beziehung scheinen ihre Unterschiede in physiologischer und anatomischer Hinsicht zu sein. Sie werden entweder als Umwandlungs-Producte der Zellenmembran gewisser Gewebe von den Pflanzen ausgeschieden, oder sind Verdickungsschichten gewisser im organischen Zusammenhang mit der Pflanze verharrender Zellen; wir finden sie bald im Zelleninhalte, bald in den Intercellularcanälen.

Die Pflanzenschleime kommen in den Pflanzen in einer unlöslichen und einer löslichen Modification vor. (Frank.) Mit Wasser in Berührung nimmt der Schleim dasselbe auf und bildet damit Gemische von schleimiger Beschaffenheit. Die meisten zu den Pflanzenschleimen gehörenden Körper werden durch Kochen mit Salpetersäure in Schleim- und Oxalsäure verwandelt und durch Jod und Schwefelsäure nicht blau gefärbt. Durch längeres Kochen mit verdünnten Säuren werden sie in Dextrin und Traubenzucker verwandelt; an und für sich reduciren sie alkalische Kupferoxydlösungen nicht, dagegen, wie aus dem vorigen hervorgeht, nach längerem Kochen mit verdünnten Säuren.

Die wichtigsten hier zu nennenden Körper sind: der Traganth, der Kirschgummi, der Schleim der Leinsamen, der von Plantago Psyllium, der der Flohsamen, der der Quittensamen, der, in den Rhizomen von Althaea officinalis, und der der Orchisknollen. (Salep.)

§. 16.

II. Pektinkörper.

Das Pektin kommt in fast allen Pflanzen vor; wir finden es in den fleischigen Früchten der Pomaceen, in manchen Wurzeln, z. B. Runkelrüben, Möhren und auch in manchen Blüthenknospen. Es ist derjenige Stoff, welcher bei den Säften gewisser Pflanzen das Einkochen zu einer Gallerte bedingt. Das Pektin wurde zuerst von Vauquelin entdeckt, dann von mehreren Chemikern untersucht; die meiste Kenntniß desselben verdanken wir Frémy, dessen Arbeit daher hier zu Grunde gelegt ist.

Die Pektinkörper sind theils neutrale, theils saure Körper, welche sich von den Kohlehydraten nur durch ihre höheren Sauerstoffgehalte unterscheiden; sie sind zu Zucker nicht überführbar. Nach Frémy sind es polymere Körper, deren einfachste Formel $C^8H^5 O^7 + xHO$ ist.

Sie sind in Wasser theils löslich, theils unlöslich und werden durch Jod nicht gefärbt.

Frémy theilt sie, wie folgt, ein:

1. Pektose, unlöslich, indifferent; Formel?
2. Pektin, löslich, farblos, unkrystallisirbar, indifferent; fällt Bleizucker nicht. } Formel: $C^{64}H^{40}O^{56} + 8HO$
3. Parapektin, löslich, gummiartig; neutral; fällt Bleizucker, der Niederschlag enthält 10,6 % Bleioxyd. } dito

4. Metapektin, Lackmus schwach röthend; der Bleioxyd-Niederschlag enthält 19,4% Bleioxyd.	Formel: $C^{64}H^{40}O^{56} + 8HO$
5. Pektosinsäure, in Wasser kaum löslich, bildet eine saure Gallerte, der Blei-Niederschlag enthält 33,4% Bleioxyd.	" $C^{32}H^{20}O^{28} + 3HO$
6. Pektinsäure, unlöslich; der Blei-Niederschlag enthält 33,8% Bleioxyd.	" $C^{32}H^{20}O^{28} + 2HO$
7. Parapektinsäure, leicht löslich, sehr sauer; der Blei-Niederschlag enthält 40,5% Bleioxyd.	" $C^{24}H^{15}O^{21} + 2HO$
8. Metapektinsäure, wie 7; der Blei-Niederschlag enthält 67,2% Bleioxyd.	" $C^{8}H^{5}O^{7} + 2HO$
9. Pyropektinsäure, unlöslich, ein humusartiges Zersetzungs-Product des Pektins, woraus es sich durch Erhitzen bei 200° bildet.	" $C^{19}H^{9}O^{9}$.

Die Pektose kommt nach Frémy fast in allen pflanzlichen Geweben vor, findet sich aber vorzugsweise im Fleische unreifer Früchte und fleischiger Wurzeln. Beim Reifen der Früchte wird die Pektose in das lösliche Pektin und Parapektin und dann weiter in Metapektinsäure verwandelt.

Das Pektin, in den reifen Früchten vorkommend, entsteht auch aus der Pektose durch Kochen mit Säuren; durch Alkalien und alkalische Erden wird es in Pektinsäure verwandelt, aus welcher Verbindung es durch Säuren unlöslich abgeschieden werden kann. Durch die Pektose, ein Stoff, welcher auf die Pektinkörper als Ferment wirkt, und welcher in den Aepfeln und andern sauren Früchten in unlöslicher Form, in den Runkelrüben und Mohrrüben dagegen in löslicher Form vorkommt, wird das Pektin in Pektosinsäure verwandelt.

Parapektin wird durch Kochen aus dem Pektin, und

Metapektin aus ersterem durch Kochen mit verdünnten Säuren erhalten.

Die Pektinsäure entsteht, wie schon angegeben, aus dem Pektin durch Kochen mit Alkalien oder alkalischen Erden. Durch Kochen der pektinsauren Salze mit Wasser bildet sich die Parapektinsäure; die Metapektinsäure erhält man dagegen aus dem Pektin, wenn dies längere Zeit mit Pektose in Berührung ist. Die beiden

letzten Säuren reduciren das Kupferoxyd aus einer alkalischen Kupferoxydlösung.

§. 17.

III. Die Fette.

Dieselben sind im Pflanzenreiche sehr verbreitet; wir finden das Fett vor allem in den Samen, in kleinen Mengen kommt es wohl in allen Pflanzentheilen vor.

Die Fette sind im reinen Zustande farblos, in Wasser an und für sich unlöslich; sie werden durch die Gegenwart von Basen, Seifen und andern Stoffen, welche zugleich chemisch auf sie einwirken, mehr oder weniger, in Wasser löslich; löslich sind sie in Aether, Schwefelkohlenstoff, Chloroform u. s. w.; ihre Löslichkeit in Alkohol ist eine verschiedene: in kaltem Alkohol sind sie meistens schwer, dagegen in heißem leichter löslich. Das specifische Gewicht derselben liegt zwischen 0,91 und 0,95.

Die Fette sind Verbindungen von Fettsäuren mit Oxyden gewisser organischer Radicale; der am öftersten vorkommende basische Bestandtheil ist das Glyceryloxyd; ferner ist noch zu nennen das im Wachse vorkommende Myricyloxyd.

Das Glyceryloxyd besteht aus $C^6H^5O^3$; es ist eine 3säurige Basis; sowie es durch eine stärkere Basis aus seinen Verbindungen ausgeschieden wird, nimmt es 3 Atome Wasser auf, und verwandelt sich so in Glycerin; dann verhält es sich wie ein Alkohol und wird in neuerer Zeit auch als ein solcher (3säuriger) aufgefaßt. Von den Fettsäuren sind 2 Reihen zu unterscheiden; die einen, welche man „Fettsäuren im engeren Sinne" nennt, sind nach der Formel $C^{2n}H^{2n}O^4$, die andern, welche durch die Oelsäure repräsentirt werden, nach der Formel $C^{2n}H^{2n-2}O^4$ zusammengesetzt; diese enthalten also 2 Atome Wasserstoff weniger als die ersteren. Die Glieder dieser beiden Fettsäure-Reihen, verbunden mit den genannten basischen Körpern, bilden die sogenannten Fette oder Glyceride. Die Fette sind also wie aus den Formeln ersichtlich ist, sauerstoffarme Körper: sie enthalten weniger Sauerstoff als erforderlich ist, um mit dem Wasserstoff Wasser zu bilden.

Die wichtigsten Fettsäuren sind:

a. Die Fettsäuren im engern Sinne, Formel $C^{2n}H^{2n}O^4$.

α. Stearinsäure, Talgsäure, sie hat die Formel $C^{36}H^{36}O^4$ und kommt mit Glyceryloxyd verbunden als sog. Stearin

im Pflanzenreiche ganz allgemein verbreitet vor. Ihr Schmelzpunkt liegt bei 69,2°C.

β. Palmitinsäure, $C^{32}H^{32}O^4$, sie kommt mit Glyceryloxyd (auch Ceryloxyd) verbunden als Palmitin ebenfalls ganz allgemein vor; Schmelzpunkt 62°C.

Man stellte früher zwischen Stearinsäure und Palmitinsäure die Margarinsäure mit der Formel $C^{34}H^{34}O^4$; nach neueren Untersuchungen jedoch ist das Margarin nur ein Gemisch von Stearin und Palmitin.

γ. Myristicinsäure, $C^{28}H^{28}O^4$. Das Glycerid derselben kommt ebenfalls in dem pflanzlichen Fett allgemein vor, z. B. in den Muskatnüssen; Schmelzpunkt 53,8° C.

δ. Laurinsäure, $C^{24}H^{24}O^4$. Das Glycerid dieser Säure ist in dem Cocosöl, den Lorbeerblättern rc. enthalten; Schmelzpunkt 43,6°C.

Ich führe ferner nur noch als hierher gehörig an: die Caprinsäure $C^{20}H^{20}O^6$, die Capransäure $C^{16}H^{16}O^4$, die Capronsäure $C^{12}H^{12}O^4$, Baldriansäure $C^{10}H^{10}O^4$ und die Buttersäure $C^8H^8O^4$, letztere kommt bereits gebildet (wahrscheinlich nicht) vor, sondern ist stets nur ein Zersetzungs-Product.

b. Die Fettsäuren nach der Formel $C^{2n}H^{2n-2}O^4$.

Die Olein- oder Oelsäure, $C^{36}H^{34}O^4$; dieselbe ist in den flüssigen Pflanzenfetten enthalten; sie erstarrt bei — 4°. Die Säure ist außerordentlich leicht veränderlich und daher auch rein schwer darzustellen, indem sie aus der Luft Sauerstoff aufnimmt und so gelb und ranzig riechend und schmeckend wird; rein ist sie weiß, geruch- und farblos. Durch die bloße Gegenwart von salpetriger Säure erstarrt sie und wird, ohne ihre Elementar-Zusammensetzung zu verändern, in die isomere, d. h. gleich zusammengesetzte Elaidinsäure, welche bei 44° schmilzt, verwandelt.

2. Die Olinsäure oder die Oelsäure der trocknenden Oele; das Glycerid dieser Säure, das Olin, ist der flüssige Theil der an der Luft eintrocknenden Oele. Ihre Zusammensetzung ist noch nicht festgestellt; von der Oleinsäure unterscheidet sie sich dadurch, daß sie durch salpetrige Säure nicht erstarrt.

3. Ricinölsäure, $C^{36}H^{34}O^4$. Dieselbe kommt im Ricinusöl vor und steht der Oleinsäure am nächsten; auch sie erstarrt durch salpetrige Säure und wird durch sie in die isomere Ricinelaidinsäure verwandelt.

4. Hypogäasäure, $C^{32}H^{30}O^4$, kommt an Glyceryloxyd gebunden im Erdnußöl vor, schmilzt bei 30°C., ist farb- und geruchlos; durch salpetrige Säure entsteht aus Hypogäasäure die isomere Gaedinsäure.

§. 18.

IV. Die Wachsarten.

Die Wachsarten sind noch lange nicht so genau untersucht als die Fette; sie stehen letzteren sehr nahe; die Unterscheidungsmerkmale derselben von den Fetten sind ihr eigenthümlicher Glanz, ihre Unlöslichkeit oder Schwerlöslichkeit in kaltem, sowie theilweise auch in heißem Alkohol, ihre Sprödigkeit und höheren Schmelzpunkte. Auch die Wachsarten sind meistens Verbindungen einer Fettsäure mit einer Fettbasis, als welche letztere an Stelle des Glyceryloxyds das Ceryloxyd fungirt.

Hervorzuheben, als den Pflanzen eigenthümlich, sind:

α. Das Palmwachs, es ist dies ein Gemisch von Harz mit Wachs; schmilzt bei 72°C.

β. Das Cerosin; dieses kommt am Stamme und an den Blattstielen des Zuckerrohrs vor, ist nach der Formel $C^{48}H^{48}O^{2}$ zusammengesetzt und schmilzt bei 93°C.

γ. Der wachsartige Stoff in den Cuticular-Gebilden.

δ. Das Chlorophyllwachs.

Ferner kommen wachsartige Körper in dem Humus, den Braun- und Steinkohlen vor; in letzteren hat Brückner 3 wachsartige Stoffe, das Geomyricin, die Geocerinsäure und das Geoceraïn nachgewiesen.

V. Die ätherischen Oele und Campher.

Der theils angenehme, theils unangenehme Geruch der Blüthen und andern Theile der Pflanzen wird durch bei gewöhnlicher Temperatur flüchtige Stoffe bedingt. — Nach Millon's Untersuchungen sollen allerdings viele Wohlgerüche der Blumen nicht von ätherischen Oelen herrühren. — Isolirt sind dieselben entweder flüchtig und führen dann den Namen „ätherische Oele", oder fest und heißen dann „Campher". Die zu dieser Gruppe gehörenden Körper sind entweder sauerstoffarm, oder ohne Sauerstoff, daher sehr brennbar. In Alkohol und Aether leicht, dagegen in Wasser wenig löslich. Die meisten ätherischen Oele sind farblos oder gelbgefärbt; jedoch kommen auch verschieden gefärbte vor.

Nach ihrer Zusammensetzung theilt man die ätherischen Oele ein, in:

a. Kohlenwasserstoffe,
b. sauerstoffhaltige Oele,
c. schwefelhaltige Oele.

a. Die Kohlenwasserstoffe.

Die hierher gehörigen Körper bestehen nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff; sie zerfallen in:

1. Die Camphêngruppe. Dieselbe hat die Formel $C^{10}H^{8}$ oder das vielfache hiervon; die wichtigsten sind:

α. Das Terpentinöl. Das Terpentinöl fließt in den Monaten Februar bis October aus verschiedenen zur Familie der Nadelhölzer gehörenden Bäumen und zwar im Vereine mit einem Harz und führt so den Namen Terpentin.

Das Oel der verschiedenen Terpentinarten ist nicht immer ganz identisch, sondern unterscheidet sich im Verhalten gegen das polarisirte Licht von einander, indem das eine die polarisirte Ebene links (das aus französischem Terpentin), ein anderes rechts (das aus englischem) dreht.

Es ist ein farbloses, balsamisch durchdringend riechendes und brennend schmeckendes Oel. Es löst Schwefel, Phosphor, Kautschuck, sowie sauerstoffarme organische Körper. In Wasser ist es wenig, in absolutem Alkohol in jedem Verhältniß löslich; je mehr Wasser im Alkohol, um so weniger ist es in demselben löslich. Kochpunkt 160°, sp. G. 0,86. Das Terpentinöl verbindet sich jedoch mit Wasser in mehreren Verhältnissen zu sg. Hydraten. An der Luft verwandelt sich das Terpentinöl unter Sauerstoffaufnahme und Bildung von Ameisensäure in Harz. Durch Einwirkung von Chlor, Chlorwasserstoffsäure, Salpetersäure u. s. w. entstehen verschiedene neue Körper.

β. Hopfenöl. Dasselbe ist mit einem sauerstoffhaltigen Oel in den weiblichen Blüthen des Hopfens enthalten; es bedingt das Aroma des Hopfens. Dasselbe ist eine bräunlich-gelbe, brennend schmeckende und stark riechende Flüssigkeit; es wirkt nicht narkotisch.

γ. Citronenöl; in den Citronenschaalen enthalten und aus diesen durch Auspressen zu gewinnen; es ist farblos, hat ein sp. G. von 0,85 und siedet bei 164 °C.

Dann sind hier noch das Kümmelöl, das Camphên im Pfeffer-, Koriander-, Fenchel-, Ingwer-, Anis-, das Bergamotöl, das Orangenblüthenöl u. s. w. zu nennen.

2. Kohlenwasserstoffe von der Formel $C^{n}H^{n}$. Hierher gehört das feste Oel (Stearopten) des Rosenöls und des Steinöls (Petroleum); das Stearopten des Rosenöls ist in demselben gelöst vorhanden, bedingt aber nicht den so schönen Geruch desselben; letzterer hängt von dem sauerstoffhaltigem Oel desselben ab. Der Siedepunkt liegt bei 280°, Schmelzpunkt bei 35°.

b. Sauerstoffhaltige Oele.

Dieselben haben ein größeres specefisches Gewicht, ein schwächeres Lichtbrechungs-Vermögen und einen höhern Siedepunkt als die Kohlenwasserstoffe. Diese Oele kommen in manchen wildwachsenden Pflanzen vor und verleihen denselben entweder einen giftigen oder

gewürzhaften Character. Hierher gehören, als in Pflanzen vorkommend:

α. Der gewöhnliche Campher, Formel $C^{20}H^{16}O^2$; er ist in allen Theilen des Campherbaumes (Laurus Camphora), ferner in vielen Labiaten (im Lavendel, Rosmarin ꝛc.) und in mehreren Lorbeerarten enthalten. Er ist weiß, durchscheinend, hat den bekannten charakteristischen Geruch und einen brennenden Geschmack, ist in Alkohol, Aether, fetten ätherischen Oelen, Mineralsäuren ꝛc. leicht, auch in Wasser etwas löslich. Der Schmelzpunkt desselben liegt bei 175° und der Kochpunkt bei 204° C.

β. Wermuthöl, $C^{20}H^{16}O^2$, in dem Wermuthkraute vorkommend; dasselbe kocht bei 205° C.

γ. Der Borneokampher, $C^{20}H^{18}O^2$, er kommt in Dryobalanops Camphora vor und kann auch künstlich, z. B. aus dem Campheröl, dargestellt werden.

δ. Menthenkampfer, der feste Theil des Pfeffermünzöls, $C^{20}H^{20}O^2$; Schmelzpunkt 25°, Kochpunkt 208° C.

ε. Cedernkampfer, $C^{30}H^{26}O^2$ wird aus dem Cedernholze gewonnen; schmilzt bei 74° und kocht bei 282° C.

ζ. Cumarin, $C^{18}H^6O^4$; dasselbe kommt im Waldmeister, in der Tonkabohne, im Anthoxanthum odoratum und in vielen andern Pflanzen vor und ist die Ursache des schönen Aromas derselben. Es schmilzt bei 15° und kocht bei 270° C, ist in heißem Wasser, in Aether und Alkohol löslich.

Außerdem kommen in den Pflanzen noch manche weitere campherartige Stoffe vor, die ich hier nicht weiter aufführe.

c. Schwefelhaltige ätherische Oele.

Hier sind zu erwähnen die flüchtigen Oele der Cruciferen und Alliaceen. Es sind dies Verbindungen von Allyl (C^6H^5) mit Schwefel oder Schwefelcyan; zur ersten Gruppe gehört das flüchtige Oel des Knoblauchs, der Brunnenkresse u. s. w.; zur zweiten das Oel des Rettigs, des Meerrettigs, das Senföl u. s. w.

§. 19.

VI. **Die Harze.**

Die Harze kommen meistens mit den ätherischen Oelen zusammen in den Pflanzen vor und sind zum Theil als Oxydationsproducte derselben zu betrachten. Die Harze sind zwar alle sauerstoffhaltige, aber doch sauerstoffarme Körper, nicht flüchtig fest und meistens amorph, selten krystallinisch, in der Wärme schmelzbar,

unlöslich in Wasser, löslich dagegen meistens in Aether, Alkohol, fetten und ätherischen Oelen. Zu nennen sind hier:

a. Die Terpentinharze. Das Vorkommen des Terpentins ist schon bei dem Terpentinöl, welches mit dem Terpentinharze dasselbe bildet, besprochen. Man unterscheidet mehrere Terpentine, je nach den Bäumen, aus denen sie gewonnen werden, so den gemeinen Terpentin aus Pinus sylvestris, den venetianischen Terpentin, hauptsächlich aus Pinus larix, den ungarischen Terpentin aus Pinus pumilio und Pinus cembra stammend u. s. w. Das Terpentinharz besteht aus 3 isomeren Säuren nach der Formel $C^{40}H^{30}O^4$, der Sylvinsäure, der Pininsäure und der Pimarsäure. Die Alkalisalze dieser Säuren, welche den Namen Harzseifen führen, sind in Wasser löslich und die Lösung schäumt wie Seifenwasser.

Das Terpentin unter Ersatz des verdampfenden Wassers einige Zeit geschmolzen, giebt beim Erstarren das weiße Harz; wird das Wasser hierbei nicht ersetzt, so wird es gebräunt und liefert das Colophonium.

b. Der Copal, derselbe stammt von west- und ostindischen und brasilianischen Bäumen, z. B. von Amyris copallifera; seine Eigenschaften sind nach den Bäumen, von denen er gewonnen wird, verschieden.

c. Dammarharz wird von Dammara orientalis (auf den Molukken) und von Dammara australis (Neuseeland) gewonnen.

d. Mastix wird aus Pistacio Lentiscus (im nördlichen Afrika und den griechischen Inseln) erhalten.

e. Guajacharz, dieser wird von Guajacum officinale (Westindien) gewonnen.

f. Gummilack (Schellack, Körnerlack), dieser fließt aus mehreren ostindischen Feigenarten durch den Stich der Lackschildlaus aus; er ist das Hauptmaterial zur Siegellack-Fabrication.

Erwähnungswerth sind ferner noch das Elemiharz, Gummigutt u. s. w.

§. 20.

VII. **Die Kautschukkörper.**

Dieselben kommen in den Milchsäften vieler Pflanzen vor, namentlich den Euphorbiaceen, Urbiceen u. s. w.; sie sind farblos, fest, amorph, nicht flüchtig und entweder schon bei gewöhnlicher Temperatur oder beim Erwärmen sehr elastisch; in Wasser und Alkohol unlöslich, dagegen in Aether und Chloroform löslich. Die Kautschukkörper stehen den ätherischen Oelen und den Harzen sehr

nahe; sie sind Kohlenwasserstoffe mit Ausnahme des Viscins, welches sauerstoffhaltig ist.

Zu nennen sind hier:

a. der gemeine Kautschuk (Gummi elasticum), vor allem von Siphonia elastica stammend, hat die Formel $C^{16}H^{14}$ und schmilzt bei 230°.

b. Gutta percha, dasselbe stammt von Isonandra Gutta (Ostindien) und ist dem Kautschuk äußerst ähnlich.

c. Viscin (Vogelleim), ist in den Beeren der Mistel enthalten; es ist ein wasserheller, klebriger Stoff.

§. 21.

VIII. Die Pflanzensäuren

bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und enthalten alle mehr Sauerstoff als zur Bildung von Wasser mit dem Wasserstoff erforderlich ist. Diese Säuren kommen theils frei, theils an Basen, und zwar unorganischen, sowie organischen gebunden, in den Pflanzen vor; sie sind im Pflanzenreich so verbreitet, daß wohl keine Pflanze oder einer ihrer Theile, ohne eine oder mehrere derselben ist.

Die wichtigsten derselben sind:

1. Die Oxalsäure (Kleesäure, Sauerkleesäure), $C^4H^2O^8$, kommt namentlich an Kali und Kalkerde gebunden in sehr vielen, vielleicht in allen Pflanzen vor, z. B. im Sauerampfer, im Sauerklee, ebenso findet sie sich, jedoch seltener, in einigen als freie Säure. Die Oxalsäure bestände, wenn sie wasserfrei existiren könnte, nur aus Kohlenstoff und Sauerstoff; wasserfrei kommt sie jedoch nur an wenige Basen gebunden vor; ihr Hydrat hat die Formel C^4O^6+2HO; die krystallisirte Säure hat noch 4 Atome Wasser mehr, und hat demnach die Formel $C^4O^6+6\,HO$.

Sie ist farblos, löst sich leicht in Wasser, und zwar um so leichter, je wärmer dasselbe ist; auch in Alkohol ist sie löslich; sie gehört zu den stärksten organischen Säuren, in Folge dessen hat sie große Verwandtschaft zu den Basen, in welcher Eigenschaft sie sogar unter Umständen noch starke Mineralsäure übertrifft: es gilt dies vor allem in Betreff des Kalks.

Die Oxalsäure bildet mit den Basen neutrale und saure Salze, letztere vorherrschend mit den Alkalien. Beim Erhitzen der oxalsauren Salze entsteht entweder das neutrale kohlensaure Salz der Basis, und Kohlenoxydgas entweicht, oder es entsteht Kohlensäure und das Metall bleibt regulinisch zurück.

2. Ameisensäure, C^2HO^3, die Formel des Hydrats ist C^2HO^3HO oder $C^2H^2O^4$. In den Pflanzen ist dieselbe bis jetzt nur in den Brennhaaren gewisser Nesseln gefunden worden. Im concentrirten Zustande ist sie eine farblose Flüssigkeit, welche an der Luft schwach raucht und penetrant riecht; sie ist eine viel schwächere Säure, als die Oxalsäure und bildet nur neutrale Salze. In den Pflanzen ist bis jetzt kein Salz der Ameisensäure gefunden worden.

3. Traubensäure (Paraweinsäure), Formel: $C^8H^6O^{12}$, die des Hydrats $C^8H^6O^{12}+2HO$; die krystallisirte Säure hat noch 2 Atome Krystallwasser mehr; sie ist der Weinsteinsäure isomer, von welcher sie sich nur durch die Unlöslichkeit des Kalksalzes in Salmiac und dadurch, daß sie mit löslichen Kalksalzen Niederschläge giebt, unterscheidet.

Von Pasteur ist in der Traubensäure die rechts und links drehende Weinsäure nachgewiesen. — Die Traubensäure kommt in den Weintrauben vor.

4. Die Wein- oder Weinsteinsäure, Formel: $(C^4H^2O^5)$ $C^8H^4O^{10}$, die des Hydrats $C^8H^4O^{10}$, 2HO. Diese Säure ist in den Weintrauben, sowie in manchen andern Pflanzen enthalten, in der Regel aber nicht als freie Säure, sondern gebunden an Kali oder Kalk. Die Weinsäure ist eine der stärksten organischen Säuren und hat große Neigung, saure Salze und Doppeltsalze zu bilden Durch Erhitzen mit Kalihydrat zerfällt sie in Oxalsäure und Essigsäurehydrat. Ihre Lösungen zersetzen sich leicht. Interessant ist das Verhalten der Weinsäure in der Hitze: bei 170—180° schmilzt sie und verwandelt sich in die Metaweinsäure (Tartralsäure), dann in die Isoweinsäure (Tartrelsäure), weiter erhitzt entsteht Tartrylsäure, dann die Brenzwein- und Brenztraubensäure. Die gewöhnliche Weinsäure polarisirt rechts; es giebt dann noch eine links polarisirende und eine optisch indifferente Weinsäure.

5. Die Citronensäure, Formel: $C^{12}H^8O^{14}$; die krystallisirte Säure enthält noch 2 Atome HO. Die Säure ist in dem Safte vieler Früchte theils frei, theils an Basen gebunden, enthalten, wie in den Citronen, Stachelbeeren, Johannisbeeren, Pomeranzen, Kirschen, Preißelbeeren, Himbeeren, Hagebutten u. s. w.; ferner kommt sie in den Zwiebeln, Kartoffeln, Runkelrübenblättern, im Krapp u. s. w. vor. Die Citronensäure ist geruch- und farblos, in Wasser leicht, ebenfalls in Alkohol löslich, dagegen unlöslich in Aether. Durch Erhitzen erhält man aus der Citronensäure (bei 175° C):

Die Aconitsäure $C^{12}H^6O^{12}+2HO$, welche in den

Aconitum-Arten natürlich vorkommt; weiter erhitzt die Itakonsäure ($C^{10}H^6O^8$), welche bei wiederholter Destillation die Citraconsäure ($C^{10}H^4O^6$) giebt.

6. Apfelsäure, Formel: $C^8H^6O^{10}$, ist eine der verbreitesten Pflanzensäuren; in größter Menge finden wir sie in vielen unreifen fleischigen Früchten, z. B. in den Aepfeln, Vogelbeeren; ferner ist sie auch in den Kartoffeln, in den Deckblättern der Haselnüsse u. s. w. gefunden worden. Sie kommt in den Pflanzensäften an Alkalien und Kalkerde gebunden vor.

Die Aepfelsäure krystallisirt schwer, sie stellt gewöhnlich eine dicke Flüssigkeit dar; an der Luft zerfließt sie, ist in Wasser und Alkohol leicht löslich und schmeckt sehr sauer.

Durch Hitze (bei 175°C.) verwandelt sie sich in 2 isomere Säuren, nämlich in die Equisetsäure, in den Equisetum-Arten vorkommend und in die Fumarsäure; durch Gährung bildet sich die Bernsteinsäure.

Ferner ist noch als in einzelnen Pflanzen vorkommend zu nennen, die Mekonsäure ($C^{14}HO^{11} + 3\,HO$), welche im Mohnsafte vorkommt, und die Chinasäure, $C^{14}H^{11}O^{11} + HO$, einem Bestandtheil der Chinarinde.

7. Die Gerbsäuren. Die Gerbsäuren sind in den Pflanzen sehr verbreitet. Wir finden sie z. B. in den Rinden fast aller unserer Bäume, in vielen Hölzern, in Wurzeln, Blättern, Früchten und krankhaften Mißbildungen u. s. w. Die Gerbsäuren sind bei gewöhnlicher Temperatur fest, unkrystallisirbar und besitzen einen herben adstringirenden Geschmack; sie sind in Wasser, zum Theil auch in Alkohol und Aether löslich. Mit Leim, mit Proteïnstoffen, mit der thierischen Haut, wodurch sie ihren Namen erhalten haben, und mit den meisten schweren Metalloxyden bilden sie unlösliche Verbindungen, von denen die ersteren fäulnißwidrig und die letzteren mannichfach gefärbt sind; besonders hervorzuheben sind die Verbindungen derselben mit Eisenoxyd.

a. Die Gallusgerbsäure.

Dieselbe ist in den Galläpfeln, in allen Theilen der Färbeeiche, im Sumach u. s. w. enthalten; sie ist schwach gelblich gefärbt, amorph, stark sauer reagirend, löslich in Wasser, Alkohol und Aether; an der Luft wird sie verändert (Entstehung von Gallussäure); sie färbt Eisenoxydsalze schwarzblau (Tinte); ihre neutralen Verbindungen mit den alkalischen Erden und schweren Metalloxyden sind unlöslich, die sauren löslich; sie fällt den thierischen Leim, was sie von der Gallussäure unterscheidet.

Durch Oxydation an der Luft, sowie durch Gährung wird die Gerbsäure in Gallussäure, bei Gegenwart von Kali in Rothgerbsäure verwandelt.

b. Die Gallussäure

kommt in verschiedenen Pflanzen bereits gebildet vor, z. B. in der Nießwurz, Rhabarber u. s. w., in den Galläpfeln ist sie nicht enthalten, sie ist, wie oben angegeben, das wichtigste Zersetzungs-Product der Gerbsäure.

Die Gallussäure krystallisirt in farblosen, seidenglänzenden Nadeln und reagirt stark sauer; bei 212 °C. bildet sich aus ihr die Brenzgallussäure. In heißem Wasser und Alkohol ist sie leicht löslich, schwer dagegen in Aether und kaltem Wasser. Sie fällt Leim nur bei Gegenwart von Pflanzenschleim; mit thierischer Haut bildet sie kein Leder.

Obgleich sie sich mit den meisten Basen verbindet, so ist doch ihre Verwandtschaft zu demselben nicht groß; sie bildet sowohl neutrale, saure, als auch basische Salze. Freies Alkali bewirkt schnelle Umsetzung der Gallussäure, wobei sie sich gelb, dann grün, blau, roth und schließlich braun färbt, indem sie in einen humusartigen Körper verwandelt wird. Mit Eisenoxydsalzen giebt sie eine blaue dann schwarze Verbindung, welche letztere aus Gallussäure und Eisenoxyduloxyd besteht, indem ein Theil des Oxyds durch die Säure reducirt ist. Durch concentrirte Schwefelsäure entsteht aus der Gallussäure die Rothgallussäure, durch kohlensaure alkalische Erden die Blaugallussäure, durch Erhitzen bei 185 ° bis 215 °C. die Pyrogallussäure.

Von den übrigen Gerbstoffen sind noch die Catechugerbsäure, der Chinagerbstoff, der Quercitrongerbstoff, die Moringerbsäure und die Morinsäure, die Gerbsäuren aus der Kiefer und die Kaffeegerbsäure anzuführen.

§. 22.

IX. **Die Pflanzenfarbstoffe.**

Zu dieser Gruppe gehören alle diejenigen pflanzlichen Stoffe, welche sich durch ihre Färbung characterisiren; wobei es gleichgültig ist, ob dieselben schon der Pflanze mit der eigenthümlichen Farbe angehören (die eigentlichen Pigmente) oder ob sie erst durch nachherige Oxydation (Chromogene) gefärbt werden. Alle diese Farbstoffe sind in den Pflanzen ganz allgemein verbreitet, kommen jedoch

in denselben nur in verhältnißmäßig geringen Mengen vor; sie sind vorzugsweise in den äußeren Zellschichten der Pflanzenoberfläche, vor Allem in den dem Einflusse des Lichtes ausgesetzten Theilen vorhanden und zwar entweder in wässriger Lösung oder in körnigen Ablagerungen innerhalb der Zellen.

Alle hierher gehörigen Stoffe sind bis jetzt verhältnißmäßig noch wenig erforscht; am geringsten sind unsere Kenntnisse über die eigentlichen Pigmente, weit mehr sind dagegen die Chromogene, d. h. also die in den Pflanzen vorgebildeten, von denselben aber noch nicht fertig erzeugten Farbstoffe bekannt. Die Ueberführung der Chromogene in die eigentlichen Farbstoffe geschieht, soweit bis jetzt festgestellt, durch die Einwirkung von Sauerstoff und zwar genügt hierzu entweder feuchter Sauerstoff allein (der Sauerstoff der Luft, oder derselbe im statu nascente, oder derselbe bei Gegenwart starker Basen), oder es ist neben Wasser und Sauerstoff noch Ammoniac erforderlich.

Die meisten Pflanzenfarbstoffe bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, ein Theil enthält jedoch auch noch Stickstoff.

§. 23.

1. Das Chlorophyll (Blattgrün).

Mit dem Namen Chlorophyll ist der Farbstoff, welcher die im Pflanzengewebe so allgemein verbreitete grüne Färbung hervorbringt, belegt worden. Das Chlorophyll-Pigment ist stets an feste, kuglich gestaltete Ablagerungen im Innern der Zellen gebunden, und zwar so fest, daß man bei oberflächlicher Betrachtung leicht geneigt sein kann, diese Kügelchen für den Farbstoff selbst zu halten; in Wirklichkeit macht aber das Pigment nur den geringsten Theil der sog. Chlorophyll-Körperchen aus; die Hauptmasse derselben besteht aus einem wachsartigen Körper, welcher von eiweißartigen Stoffen und häufig auch von Stärkemehl begleitet ist. Das Chlorophyll ist nicht in den Epidermiszellen, sondern in den etwas tiefer gelegenen Zellen, welche von den ersteren bedeckt sind, enthalten: wir finden es überall da, wo unter dem Einfluß des Lichtes Sauerstoff abgegeben wird.

Ueber das Chlorophyll sind eine ziemlich bedeutende Anzahl Untersuchungen angestellt worden, ohne daß dieselben aber bis jetzt zu einem Abschluß gekommen wären.

Das nach der Methode von Berzelius dargestellte Chlorophyll ist eine amorphe, dunkelgrüne Masse, welche in Wasser un- und in Alkohol, Aether, ätherischen und fetten Oelen auflöslich

ist. Diese Lösungen sind schön grün und werden durch das Sonnenlicht bald gelb gefärbt. Die Zusammensetzung desselben ist nach Mulder $C^{18}H^{19}NO^{3}$.

Nach Sachs ist in den Pflanzentheilen, welche fähig sind, grün zu werden, ein farbloses Chlorophyll-Chromogen vorhanden; nach ihm enthält das Plasma bereits einen Stoff, welcher nur eines letzten chemischen Impulses bedarf, um grün zu werden; diesen Impuls giebt aber nicht das Licht, sondern der active Sauerstoff. Sachs beweist dies dadurch, daß er in dem Plasma derselben, welche im Stande sind, im Lichte in kurzer Zeit grün zu werden, einen Stoff gefunden hat, welcher durch concentrirte Schwefelsäure sogleich spangrün gefärbt wird und daß die fertigen hellgrünen Chlorophyllkörner bei Einwirkung von Schwefelsäure ganz dieselbe spangrüne Farbe zeigen. Sachs nennt das farblose Chlorophyll Leukophyll.

Pfaundler behauptet mit Verdeil, daß die Bildung des grünen Farbstoffes an das Vorhandensein von Eisen geknüpft sei und führt hierfür die Versuche von Salm-Horstmar, sowie seine eigenen an, bei denen Pflanzen ohne Eisen bleichsüchtig geworden waren, nach ihm ist das Grünwerden ein Uebergang von Eisenoxydul in Eisenoxyd: das von Pfaundler dargestellte Chlorophyll bestand aus 60,8 C., 6,4 H., 31,9 O. und 0,9 Asche, in der bestimmt Eisen nachweisbar war.

Frémy erklärt den grünen Farbstoff der Blätter für eine Mischung eines blauen und gelben Farbstoffes, da es ihm gelungen ist, aus dem Blattgrün einen blauen und gelben Farbstoff darzustellen. Frémy nennt den gelben Farbstoff Phylloxanthin und den blauen Phyllocyanin; der letztere wird durch Basen entfärbt (gelb) und durch Säuren wieder regenerirt; den so erhaltenen Farbstoff, welcher, wenn er mit einem andern gelben Farbstoff zusammenkommt, sich mit diesem zu grün vereinigt, nennt Frémy Phylloxanteïn. Der letztere Farbstoff ist in den jungen Trieben und den beim Abschluß des Lichtes gewachsenen Pflanzen enthalten; die im Herbste gelb gewordenen Blätter sind durch Phylloxanthin gelb gefärbt.

Die neuesten Untersuchungen über den Farbstoff der Blätter liegen von Chatin und Filhol vor; nach diesen Forschern enthalten sowohl die Blätter, als auch andere sich schnell entwickelnde Pflanzengewebe eine Substanz, welche begierig Sauerstoff aufnimmt, und dadurch braun gefärbt wird und dann die Herbstfarbe der Blätter bedingt. Das Chlorophyll wird durch die Einwirkung von Licht und Luft gelbbraun, und dann in dem Falle wieder grün, wenn

es etwas Xanthin enthält. Alkalien begünstigen diese, von Absorption von Sauerstoff begleitete Veränderung des Chlorophylls, Säuren dagegen erschweren sie, die Mineralsäuren verändern es gänzlich; hierbei wird Sauerstoff absorbirt und Kohlensäure ausgeschieden.

Payen hat aus der Cuticula der Blätter mehrere fettartige Substanzen ausgezogen. Chatin und Filhol haben nun gefunden, daß die Oberfläche der jungen Blätter, ebenso die Blätter der Blumen mit einer schützenden fettartigen Materie überzogen ist, welche sich verändert, je näher die Periode des Gelbwerdens oder des Färbens der Blätter herantritt.

Als die Verfasser grüne Blätter durch Eintauchen in reinen oder besser in ammoniachaltigen Aether von der Fettschicht befreiten und dann der Luft aussetzten, nahmen sie ziemlich rasch die Farbe abgestorbener Blätter an. Ammoniac begünstigt ebenso, wie die andern Alkalien die Umwandlung der obengenannten Substanz A., welche der zersetzenden Wirkung der physiologisch chemischen Agentien nicht widerstehen kann, einmal, weil sie nicht genügend durch die fettartige Firnißschicht geschützt ist, dann aber ohne Zweifel auch, weil das Leben der Zellen durch den Aether alterirt wird. Der Sauerstoff der Luft wird hierbei zu Kohlensäure. Die Blüthen erleiden dieselbe Veränderung.

Die meisten weiß gefärbten Blätter färben sich nach der Einwirkung des ammoniachaltigen Aethers braun, selten nur bleiben sie weiß, in Folge der ausnahmsweisen Abwesenheit der Substanz A.

Die Blätter mehrerer Pflanzen färben sich gegen Ende des Sommers gelb, dann roth, aber niemals zuerst roth und dann gelb. Die gelbgewordenen Blätter werden nach der Behandlung mit ammoniachaltigem Aether und nachherigem Auslegen an der Luft roth, indem sie Sauerstoff absorbiren; schwefliche Säure und andere Desoxydationsmittel färben die roth gewordenen Blätter wieder gelb. Die gelben und insbesondere die rothen Blätter enthalten mehr oder weniger von der braunen Substanz der abgestorbenen Blätter.

Die gelben Blätter, welche später die rothe Färbung annehmen, scheinen in dem ersten Grade der Oxydation der rothen zu stehen. Bei einigen Pflanzen, z. B. den Pappeln, werden die Blätter nur gelb, nie roth; dasselbe gilt von den gelben Früchten von Prunus, Ribes ꝛc.

Die rothen Blätter enthalten gewöhnlich noch gelbe Substanz unter der rothen, welche ihre Oberfläche färbt; man kann die gelbe

durch Aether ausziehen und dann durch Ammoniac an der Luft in die rothe überführen.

Das Cyanin in den Blättern von Pelargonium Zonale und anderen Pflanzen färbt manche Blätter roth; eine andere Substanz, welche sich durch ihre Nichtfärbung im zerstreuten Licht auszeichnet, färbt die Berberis-Blätter roth. Aether entzieht den Nußblättern eine farblose Substanz, welche durch Ammoniac und Luft eine schön violette Farbe annimmt. Diese Substanz wird während der herbstlichen Färbung zerstört; sie findet sich in den Blättern während des Frühlings nicht.

Läßt man Eisenchlorür in ätherischer Lösung auf grüne, weiße, gelbe, rothe oder braune Blätter einwirken, so werden diese mehr oder weniger tiefschwarz; die ätherische Lösung zeigt auch die Gegenwart der Gerbsäure in den sehr dunkelbraun gefärbten Blättern an.

In den Blättern und im Allgemeinen in allen krautartigen Theilen ist Quercitrin; mit demselben kommt bisweilen Gallussäure vor, welche beide mit dem Eisensalze eine braune Farbe geben. Neben dem Quercitrin oder auch bei dessen Abwesenheit findet man ferner das Quercetin und das Melin (Bolley, Stein). Diese Substanzen kommen in verschiedenen Mengen vor; das Queritrin ist der verbreitetste, das Tannin kommt viel weniger vor; die Gallussäure ist selten.

Diese kurze Besprechung der wesentlichsten Arbeiten über die Farbstoffe der Blätter zeigt, daß die Kenntniß derselben noch leider wenig vorgeschritten ist und deshalb gerade hier noch sehr viel zu thun ist.

2. Die Farbstoffe der Blüthen.

Ueber die Farbstoffe der Blüthen wissen wir bis jetzt sehr wenig. Nach Filhol ist fast in allen Blüthen eine Substanz verbreitet, welche mit Säuren farblose Lösungen giebt und durch Alkalien schön gelb gefärbt wird, und welche von Marquart Blumenharz, von Hope Xanthogen genannt und von Martens mit Extractivstoff bezeichnet ist. Diese Substanz ist fest, etwas in's Grünliche spielend hellgelb, aber nicht krystallisirbar und nicht flüchtig; in Wasser, Aether und Alkohol löslich und dem Luteolin sehr ähnlich. Filhol nennt denselben Xanthogen. Von dem Xantheïn Frémy's führt Filhol an, daß er es in vielen Blüthen allein oder mit Cyanin gefunden habe.

Als Beispiel besonderer Blüthenfarbstoffe sind die im Safran und Saflor vorkommenden, als Färbe-Materialien benutzten Farb-

stoffe zu nennen. Das Safran, aus den getrockneten Narben von Crocus sativus bestehend, enthält außer einem gelben ätherischen Oele und einem andern Farbstoff, einen rothen Farbstoff, Polychroit. Das Saflor, welches aus den kaum aufgebrochenen Blüthen von Carthamus tinctorius besteht, enthält einen gelben und einen rothen Farbstoff, das Saflorgelb und Saflorroth. (Schulze.)

3. Der Indigo.

Der Indigo kommt in den Pflanzen nicht fertig gebildet vor; das Chromogen desselben ist in verschiedenen Pflanzen, sowie in mehreren Species von Indigofera, in Galega tinctoria, Isatis tinctoria, Polygonum tinctorium 2c. enthalten. Das Indigo des Handels enthält hauptsächlich 4 stickstoffhaltige, organische Farbstoffe: das Indigoblau, den für das Färben wichtigsten Stoff, den Indigoleim, das Indigobraun und Indigoroth.

Die Güte des Indigo erkennt man physikalisch hauptsächlich an der mehr violetten, als rein blauen Farbe, dann daran, daß er mit dem Nagel gerieben einen schönen Kupferglanz zeigt, auf dem Bruche rein, leicht zerreiblich und ohne Geruch ist; chemisch an der zu seiner Entfärbung erforderlichen Chlormenge.

Nach Schunk's Untersuchungen über den Waid ist in demselben ein Mutterstoff, das Indican $C^{52}H^{31}NO^{34}$ enthalten, welcher vielleicht von einem Proteïnstoffe abstammt, syrupsartig ist und sich ohne Wasser zersetzt.

Aus dem Indican erzeugen

a. Die Mineralsäuren
   1. die in Wasser unlöslichen Stoffe: das Indigblau, Indirubin, Indisulvin, Indihumin und Indifuscin,
   2. die in Wasser löslichen Stoffe: Leucin, Indiglucin und niedere Säuren $C^nH^nO^n$.

b. Alkalien verwandeln das Indican in das Indicanin, einen Körper, der kein Indigblau aber Indigroth bei der Zersetzung mit Säuren liefert; daneben erzeugt sich eine braune Gallerte Oxyindicanin, die in Aether und Alkohol unlöslich ist.

Das Indigblau oder Indigotin $C^{16}H^{15}NO^2$ ist tiefblau, mit einem Stiche in's Purperrothe, ist amorph oder krystallisirt in 6seitigen Säulen, ohne Geschmack und Geruch neutral und unlöslich.

Indigweiß $C^{16}H^6NO^2$, dieses, welches nach Pelletier in den zur Indigobereitung angewandten Pflanzen fertig gebildet vorkommt, wird künstlich aus dem Indigblau durch Reductions-Mittel dargestellt.

Isatin $C^{16}H^5NO^4$ wird aus dem Indigblau, von dem es sich durch ein Plus von 2 Sauerstoff unterscheidet, durch Oxydation

mittelst Salpetersäure, Chromsäure 2c. erhalten; es bildet röthliche, rhombisch-prismatische Krystalle.

§. 24.

4. Die Flechtenfarbstoffe.

Von den Flechtenfarbstoffen sind hier zu erwähnen:

a. Orseille, dasselbe wird aus mehreren Flechtenarten, besonders Lichen roccella, L. tartaricus 2c. durch Einwirkung von Ammoniac, Licht und Feuchtigkeit bereitet; es wird in Form eines violetten oder rothen Teiges in den Handel gebracht. Nach Strecker sind die entfernteren Chromogene dieser Flechtenfarbstoffe eine Reihe von Säuren, welche sämmtlich beim Kochen mit Wasser, Alkohol oder Barytwasser in eine Säure von der Formel $C^{16}H^{8}O^{8}$ und in entweder neutrale oder eine Säure bildenden Körper zerfallen. Die Säure $C^{16}H^{8}O^{8}$ zerfällt dann weiter durch die genannte Einwirkung in Orcin ($C^{14}H^{8}O^{4}+2HO$) und Kohlensäure; das Orcin wird durch Einwirkung der Luft, des Wassers und Ammoniac in Orceïn einen stickstoffhaltigen, rothen Farbstoff verwandelt.

b. Lackmus.

Dieser Farbstoff, welcher für die Erkennung der freien Säure und Basis in der Chemie eine so wichtige Rolle spielt, wird aus Lecanora tartarea, sowie aus mehreren anderen Flechten in der Art dargestellt, daß die gemahlenen Flechten mit ammoniachaltigen Flüssigkeiten der Verwesung unterworfen werden; gegen das Ende der letzteren fügt man noch Alaun, Kalk und Pottasche zu und mischt nach Beendigung derselben gewöhnlich dem Teige Kreide und Sand zu, formt ihn in Würfeln und läßt ihn trocknen. Das Specielle der Darstellung ist Geheimniß. Der eigentliche Farbstoff ist roth und wird durch die Anwesenheit eines Alkalis und Kalkerde blau gefärbt. Aus dem Lackmus wird durch Extrahiren mit Wasser die blaue Lackmustinctur gewonnen, welche zur Darstellung des blauen Lackmuspapiers dient, das zur Erkennung der freien Säure benutzt wird, und nachdem das freie Alkali durch Neutralisation mit einigen Tropfen verdünnter Schwefelsäure entfernt ist, zu der des rothen, das seine Anwendung als Erkennungsmittel der freien Basis gefunden hat. Nach Kane sind im Lackmus 4 Pigmente enthalten.

5. Die Farbstoffe des Krapp.

Der Krapp ist die Wurzel der Färberröthe, besonders von Rubia tinctorum und mungista; derselbe wird in der Levante, in

Frankreich, Belgien, Holland, Rheinbaiern und auch im nördlichen Deutschland cultivirt. Die mehrjährigen Wurzeln der genannten Pflanzen ist der eigentliche Krapp. Nach Rochleder enthält die getrocknete orientalische Krappwurzel außer Pflanzenfaser und Asche, Ruberythrinsäure, Rubichlorsäure, Citronensäure, die Spaltungs-Producte der beiden ersten Säuren: Alizarin, Purpurin und Zucker; alle diese Stoffe sind stickstofffrei.

Von weiteren Pflanzenfarbstoffen endlich sind bemerkenswerth:

Das Luteolin $C^{40}H^{14}O^{16}$, der gelbe Farbstoff des Wau, Reseda luteola, ist in Alkohol, Aether, leicht in Wasser löslich, giebt mit Alkalien schön goldgelbe Lösungen, die an der Luft grünlich werden. — Aehnliche gelbe Farbstoffe sind in Serratula tinctoria, Genista tinctoria und Datisca cannabina enthalten.

Das Quercitrin $C^{36}H^{18}O^{20}$,HO, in der Rinde von Quercus tinctoria, sowie in einigen anderen Pflanzen enthalten, siehe ferner noch p. 39, es stellt chromgelbe, geruchlose, bitterschmeckende Krystalle dar, die in Alkohol leicht, in kaltem Wasser und Aether schwer löslich sind; die Lösung färbt sich mit Eisenoxydsalzen dunkelgrün.

Orlean, ein gelber Farbstoff, welcher aus dem die Samen des südamerikanischen Baumes, Bixa orellana, umgebenden Frucht-fleisch dargestellt wird.

Curcumin, wird aus der Wurzel von Curcuma longa gewonnen, ist braungelb, löst sich in Säuren mit rother und in Alkalien mit rothbrauner Farbe; dasselbe ist interessant durch sein Verhalten gegen die Alkalien und Borsäure, indem ein mit diesem Farbstoff gefärbtes Papier braun wird.

Nur dem Namen nach seien noch die Chromogene des Blau- oder Campecheholzes, das Hamatoxylin $C^{10}H^{18}O^{16}$,7HO und das Moridin, der gelbe Farbstoff in den Wurzeln von Morinda citrifolia erwähnt, ohne daß damit die Reihe der bis jetzt bekannten Farbstoffe schon geschlossen wäre.

Erste Abtheilung.

Kapitel I.

Der Kohlenstoff.

§. 1.

Die Pflanze muß den Kohlenstoff aus ihrer unmittelbaren Umgebung entnehmen; diese bildet der Boden und die atmosphärische Luft; somit muß der Kohlenstoff der Pflanzen entweder aus dem Boden oder aus der Atmosphäre, oder aus beiden stammen.

A. Der Boden als Kohlenstoffquelle der Pflanzen.

Bei der Untersuchung, ob die Pflanzen den Kohlenstoff vom Boden empfangen, nehmen wir zunächst nur auf die festen Bestandtheile des letzteren Rücksicht. Da von diesen nur der Humus und die kohlensauren Salze Kohlenstoff enthalten, so kann sich die Untersuchung auch nur auf die Beantwortung der Frage erstrecken, ob der Kohlenstoff vom Humus stamme, oder ob auch die kohlensauren Salze als Quelle für den Kohlenstoffbedarf der Pflanzen zu betrachten sind. Von den kohlensauren Salzen können wir jedoch einerseits schon wegen der geringen Menge, in welcher sie im Allgemeinen im Boden vorkommen, absehen, sowie anderseits deshalb, weil es dann ja die Kohlensäure sein würde, welche den Kohlenstoff lieferte, und wir dieselbe in dieser Beziehung später zu studiren haben.

Es bleibt somit von den festen Bestandtheilen des Bodens nur der Humus als Kohlenstoffquelle übrig. Die Untersuchung dieser Frage erfordert zunächst ein tieferes Eingehen auf die Eigenschaften, Entstehung u. s. w. des Humus.

§. 2.

a. Geschichtliche Entwickelung der Humustheorie.

Geschichtlich sei zuerst bemerkt, daß der Name Humus von Einhof und Thaer eingeführt worden ist, und daß letzterer den Humus für gleichbedeutend mit Pflanzennahrung hielt. Er sagt z. B. Bd. II., p. 127 seiner Grundsätze der rationellen Landwirthschaft von ihm: „Die Fruchtbarkeit des Bodens hängt eigentlich von dem Humus ab, denn außer dem Wasser ist er es allein, was der Pflanze im Boden Nahrung giebt;" er nennt ihn ferner „die Nahrung des Organismus", „die Bedingung des Lebens". Die Lehre vom Humus trat in ein neues Stadium als zu den Untersuchungen von Saussure, welche Thaer schon kannte, noch die von Braconnot und vor allem die von Sprengel kamen; letzteren führten seine Untersuchungen zu der Ansicht, daß die Humuskörper nur den Uebergang der Nahrungsmittel in die Pflanzen vermitteln. Den gewaltigsten Stoß erhielt aber die Lehre vom Humus durch v. Liebig, welcher denselben als bedeutungslos oder wenigstens als höchst untergeordnet für den Ernährungs-Proceß der Pflanzen hinstellte.

§. 3.

b. Ursprung und Eigenschaften des Humus.

Der Humus ist das Product der Fäulniß und Verwesung organischer Körper, vor Allem der Vegetabilien. Die Chemie unterscheidet 7 verschiedene Humuskörper, nämlich die Quellsäure (Crensäure), die Quellsatzsäure (Apocrensäure), die Ulminsäure, die Huminsäure, die Geïnsäure, das Humin und Ulmin. Von diesen 7 Körpern sind die beiden ersten in Wasser löslich, auch die Ulminsäure noch etwas, Huminsäure und Geïnsäure dagegen nur in Wasser und Alkalien und das Humin und Ulmin sowohl in Wasser als auch in Alkalien unlöslich. Alle bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und sind, wie sie in der Natur vorkommen, noch mit etwas Ammoniac verbunden, welches denselben weder durch Kochen mit Alkalien noch durch Digeriren mit Säuren vollständig entzogen werden kann.

Alle Humuskörper sind braungelb bis schwarzbraun gefärbt; sie sind ferner in reinem Zustande unkrystallisirbar, geruchlos, meistens auch geschmacklos und nicht flüchtig. Für unsere augenblickliche Betrachtung sind nur die 5 Säuren von Wichtigkeit, da, wie wir später noch speciell darthun werden, die Pflanze ihre Nahrung nur aus einer Lösung entnehmen kann. Diese Säuren kommen im Boden meistens an Basen, wie Kali, Natron, Ammoniac, Kalkerde, Magnesia u. s. w. gebunden vor. Die humussauren Salze sind ebenfalls braungelb bis schwarz gefärbt, die dunkle Farbe ist die vorherrschende; ihr Färbungsvermögen ist ein außerordentlich inten-

sives. Die Humuskörper und ihre Verbindungen bedingen vor Allem die dunkele Farbe der Ackererde.

Was die Löslichkeitsverhältnisse der Humuskörper und ihrer Salze anbetrifft, so wurden bis jetzt nur die Humuskörper und diejenigen ihrer Verbindungen untersucht, welche künstlich dargestellt sind. Da aber der Humus, wie er im Boden vorkommt, ein eigenthümliches Gemenge einer Anzahl von Körpern in verschiedenem Grade der Zersetzung ist, so können auch die Zahlen, welche für die künstlich dargestellten Humuskörper gefunden worden sind, nicht mit der ganzen Schärfe auf den Humus angewendet werden. So viel steht fest, daß die Humuskörper schwer löslich sind, aber doch nicht so unlöslich, als v. Liebig sie annimmt, welcher die Zahlen, welche Sprengel bei seinen Untersuchungen des Humus gefunden hat und wonach dieselben außerordentlich schwer löslich sind, dadurch bestätigt finden will, daß ein wässriger Auszug aus einer guten Gartenerde stets ungefärbt sei. Der wässrige Auszug aus einer Ackererde ist aber nicht farblos, sondern stets mehr oder weniger bräunlich gefärbt.

Als Beweis für die Löslichkeit der organischen, zugleich im Vergleich mit der der unorganischen Stoffe des Bodens führe ich folgende Zahlen an:

Aus 1000 Grm. einer Ackererde, mit einem Humusgehalte von 8,01 % extrahirten die ersten 1000 Ccm. Wasser (kalt):

	an organischer Masse:	unorganischer Masse:
	0,100	0,200
die ferneren 500 Ccm.	0,056	0,049
500 —	0,055	0,042
500 —	0,012	0,043
500 —	0,020	0,048
500 —	0,029	0,040
500 —	0,023	0,050
500 —	0,043	0,052
500 —	0,032	0,028
also 5000 Ccm.	0,370	0,552

Nachdem wir uns jetzt mit dem Humus, soweit als es hier nothwendig, bekannt gemacht haben, können wir zur Beantwortung der Frage übergehen:

c. Stammt der Kohlenstoff der Pflanzen vom Humus her?

§. 4.

α. Der Gesammtkohlenstoff.

Bei der Definition des Humus haben wir gesehen, daß derselbe das Zersetzungs-Product organischer Körper, vor Allem der Vegetabilien ist; hierin liegt zugleich die Beantwortung der Frage,

denn wenn der Kohlenstoff der Pflanzen den Humus zur Quelle haben sollte, so müßten wir ein Urhumus annehmen, was ja aber unsinnig wäre; woher sollten sonst die ersten Pflanzen ihren Kohlenstoff erhalten haben?

Betrachten wir ferner unsere Wälder und Wiesen, denen wir alljährlich in Form von Holz und Heu so bedeutende Mengen von Kohlenstoff entziehen, und die trotzdem, obgleich wir sowohl dem Walde als auch meistens der Wiese keinen Kohlenstoff zuführen, von Jahr zu Jahr reicher an Humus werden, so haben wir weiter einen Beweis, daß es der Humus nicht sein kann, welcher den Pflanzen den Kohlenstoff liefert.

Noch andere Beweise bieten die Gewächse — sogar Sträucher und Bäume —, welche wir auf kahlen Felsen und alten Mauern entstehen sehen.

Aus diesem Angeführten geht schon mit Bestimmtheit hervor, daß der Kohlenstoff der Pflanzen nicht vom Humus stammen kann. Dies, was uns soeben allgemeine Betrachtungen gezeigt haben, ist nun auch durch directe Versuche vollständig bewiesen worden.

Polstorff, Magnus, der Fürst zu Salm-Horstmar und Andere haben Pflanzen in ausgeglühter Erde oder künstlichen Erdgemischen ohne jeglichen Humus wachsen lassen und Pflanzen erzeugt, wie sie in dem besten Culturboden nicht vollkommener sein können.

Polstorff präparirte z. B. ein künstliches Erdgemisch, bestehend aus 6 Theilen Sand, 2 Theilen Kreide, 1 Th. weißen Bolus, 1 Th. Holzkohle, etwas geglühtem Feldspath und Marmorpulver, dem noch einige Aschenbestandtheile der Gerste und zwar ein Gemenge aus 6 Theilen Knochenerde, 1 Th. calcinirter Soda, 1 Th. Gyps, 1 Th. Kochsalz, 1 Th. Magnesia und $^1/_2$ Th. Eisenoxyd, zugesetzt wurde.

Hierin erzog er 12 Gerstenpflanzen, 3 Fuß hoch, mit 7 ährentragenden Halmen, von denen jede Aehre 22 Körner hatte; das Gewicht der Körner aller Aehren betrug 124,2 Grm., das des Strohs 149,2 Grm. Dieser Ertrag ist ein ganz außergewöhnlicher. Ich habe bei einem Versuche von 150 ausgesuchten Körnern der Chavaliergerste im Garten 165 Aehren mit einem Körnergewichte von 138 Grm. geerntet.

Dieser Versuch mag hier als alleiniger Beweis der oben ausgesprochenen Thatsache dienen.

Nachdem so dargethan, daß der Humus allein den Pflanzen den ihnen nothwendigen Kohlenstoff nicht liefern kann, bleibt noch zu untersuchen.

§. 5.

β. Ob nicht ein Theil des Kohlenstoffs der Pflanzen direct vom Humus herrührt?

Die Beantwortung dieser Frage giebt zugleich darüber Aus-

kunft, ob die Pflanze zu ihrer Ernährung auch die organischen Körper bedarf, oder ob sie nur von unorganischen lebt.

Von v. Liebig, Schleiden, Wolff u. A. ist auch diese Frage verneint worden. Der Beweis für diese Behauptung liegt in der Ansicht dieser Herren über die Schwerlöslichkeit des Humus, da aber dieselbe, wie oben gezeigt, eine nicht ganz richtige ist, so fehlt somit auch die Stütze für diese Behauptung.

Boussingault spricht sich weder stricte für noch gegen die Annahme aus, daß die Pflanze organische Stoffe aufnehmen kann; er erklärt ersteres für möglich.

Mulder dagegen nimmt an, daß der Humus aufgenommen werde; er stützt sich dabei in seiner Chemie der Ackerkrume, Bd. I., p. 549—564 vor Allem auf die Versuche von de Saussure, Soubeiran, Malaguti und seine eigenen, während er in seinem Lehrbuche über physiologische Chemie noch die von Wiegmann und Polstorff und Payen anführt, von denen aber in seinem neuesten Werke die ersteren als Gegner seiner Ansicht hingestellt werden und der Payen'sche Versuch, welcher in seinem früheren Werke als besonders für seine Ansicht beweisend hingestellt war, nicht mit angegeben wird.

Die direct zur Lösung dieser Frage angestellten Versuche sind aber leider durchaus nicht entscheidend. Alle Experimentatoren ließen Pflanzen in Humuslösungen wachsen und schlossen aus der Art des Gedeihens der Pflanzen, aus dem Verschwinden des Humus aus der Lösung, auf die Aufnahme desselben durch die Pflanze.

Wiegmann und Polstorff füllten z. B. einen Glascylinder mit einer Humuslösung, welche auf 100 Grm. 148 Milligr. Humus enthielt und brachten in dieselbe zwei 8" hohe Pflanzen von Mentha undulata (Münze) und Polygonum Persicaria (Knöterich). Alle drei Tage wurde destillirtes Wasser nachgegossen. Nach Verlauf eines Monats lieferten 100 Grm. der Lösung 132 Milligr. festen Rückstand: es waren also 16 Milligr. aus der Lösung verschwunden. Zur Controle war ein anderer Cylinder mit einer ebenso concentrirten Humuslösung dieselbe Zeit ohne Pflanzen in ähnlicher Weise dem Einflusse der atmosphärischen Luft ausgesetzt gewesen; in dieser Lösung waren nach einem Monat noch 136 Milligr. fester Rückstand; hiernach könnten somit höchstens 4 Milligr. von den verschwundenen 16 Milligr. von der Pflanze direct aufgenommen sein.

Ganz ähnlich sind die Versuche de Saussure's. Soubeiran stellte seine Versuche auf Anlaß einer Preisaufgabe, gestellt von der Central-Ackerbauschule des Departements der unteren Seine an und zieht aus denselben den Schluß, daß der löslich gewordene Humus von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen werde, daß er direct zur Ernährung der Vegetabilien diene. Dieser Schluß ist aber ein sehr vager und durch nichts berechtigt, denn er basirt allein darauf, daß die Lösung von humussaurem Ammoniac, in welcher sich die Versuchspflanze (Lapsana communis) 8 Tage lang be-

fand, heller wurde und die Pflanze in derselben üppig fortlebte. Ein Gegenversuch mit einer Lösung ohne Pflanze fehlt ganz.

Alle so angestellten Versuche können aber zur endgültigen Lösung der Frage nichts, höchstens sehr wenig, beitragen. In der Pflanze selbst ist der aufgenommen sein sollende Humus nicht nachgewiesen worden und somit kann mit demselben Rechte angenommen werden, daß z. B. bei dem Versuche von Wiegmann und Polstorff die 4 Milligr. Humus, welche durch den Versuch als aufgenommen bezeichnet sind, ebenso gut in Form von Kohlensäure nach vorhergegangener Zersetzung assimilirt sind. Andererseits können aber auch mehr als 4 Milligr. aufgenommen worden sein: der Versuch giebt ja nur an, daß, nachdem die Pflanzen 4 Wochen in der Lösung waren im Vergleich zu der Lösung ohne Pflanzen erstere 4 Milligr. feste Substanz weniger als letztere enthielt. Ob aber durch die Pflanzen selbst durch Abstoßung der Wurzelnspitzchen u. s. w. feste Substanz in die Lösung gekommen sei, erfahren wir nicht. Alle diese Versuche können, wie schon angegeben, zur Lösung der Frage nichts beitragen.

Ebenso sind aber auch die weiteren Beweise, welche Mulder giebt, ohne Beweiskraft, nämlich das Wachsen von Mycoderma vini in Essigsäure, ferner das Entstehen von Schimmelpflanzen aus Stärkemehl und einer Lösung von Milchzucker, ferner in Lösungen von essigsaurem Kali, Weinsäure u. s. w., denn ähnliche Bildungen beobachten wir auch, wie Mulder selbst anführt, in Lösungen von Chlorcalcium, schwefelsaurem Natron, Kalialaun, phosphorsaurem Natron u. s. w. Wie Mulder die Bildung von Schimmel in letzteren Lösungen als von den in denselben enthaltenen organischen Stoffen bedingt erklären kann, ist mir unverständlich.

Am besten beweisend ist meiner Ansicht nach der Versuch von Payen, welcher Pflanzen in einer Lösung von Gerbsäure wachsen ließ und diese dann selbst in den Pflanzen nachwies. Schlagend ist aber auch dieser Versuch nicht, da die Pflanzen bei der Aufnahme kein Wahlvermögen haben und so aufnehmen müssen, was ihnen in Lösung geboten wird.

Folgende Betrachtung kann vielleicht noch am meisten für die Ansicht sprechen, daß die Pflanzen geringe Mengen Humussubstanz aufnehmen. Wir haben vorher gesehen, daß die wässrigen Auszüge aus Ackererden stets etwas gefärbt sind, also Humuskörper gelöst enthalten; da die Pflanzen ferner ihre Nahrung aus einer Lösung empfangen, so ist nicht gut einzusehen, weshalb sie aus der ihnen dargebotenen Lösung nur die unorganischen Stoffe assimiliren, dagegen die organischen zurücklassen sollten.

Letzteres ist aber nicht angeführt worden, um dadurch einen entscheidenden Beweis für die Aufnahme von Humuskörpern zu geben, sondern nur als eine Thatsache, welche für dieselbe spricht. Die Frage über die Aufnahme der Humuskörper ist augenblicklich weder entschieden verneinend, noch entschieden bejahend zu beantworten, sie ist, wie leider noch so manche, eine offene, welche ihre Lösung von der Zukunft erwarten muß.

Anhang.

§. 6.

Der Humus in seinen Beziehungen zum Pflanzenleben.

Unwillkürlich drängt sich nach der obigen Betrachtung des Humus als directe Nahrungsquelle der Pflanzen die Frage auf, ob denn der Humus, wenn er auch nicht direct zur Ernährung der Pflanze beiträgt, nicht indirect das Gedeihen derselben fördert?

Obgleich die Beantwortung dieser Frage streng genommen hierher nicht gehört, so halte ich es doch für angemessen, auf dieselbe kurz einzugehen.

Der Humus wirkt indirect ganz außerordentlich günstig auf die Entwickelung der Pflanzen ein und deshalb ist das Bestreben des Landwirthes, seinen Boden humusreicher zu machen, ein durchaus gerechtfertigtes.

Die Wirkungen des Humus auf den Boden und somit zu Gunsten der Pflanzen, sind folgende:

a. Der Humus ist eine Kohlensäure-Quelle des Bodens.

Der Humus besteht, wie wir gesehen haben, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; durch die Einwirkung des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft auf denselben, wird er allmälig oxydirt — verbrannt —, und so in Kohlensäure und Wasser verwandelt. Die Wichtigkeit der Kohlensäure im Boden für das Wachsthum der Pflanzen, sowie die Wirkung derselben auf die Bestandtheile des Bodens, wird später speciell erörtert werden; hier mag nur angeführt werden, daß beide Beziehungen für das Leben der Pflanzen von ganz außerordentlicher Bedeutung sind.

b. Der Humus ist eine Stickstoffquelle für die Pflanze.

Der Humus entsteht vor Allem durch die Zersetzung der Pflanzen; diese bestehen, abgesehen von den Aschenbestandtheilen, aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff; bei der Verwandlung derselben in Humus bleibt der Stickstoff theilweise in organischer Verbindung bei den ersteren Elementen, theilweise ist er in Ammoniac (Salpetersäure) verwandelt und in dieser Form mit denselben vereinigt. Während nun der Humus unter dem Einflusse des Sauerstoffs der Luft allmälig weiter zersetzt wird, wird auch der Stickstoff (resp. das Ammoniac) als Ammoniac (resp. Salpetersäure) frei und dient so der Pflanze direct und indirect als Nährstoff.

c. Der Humus als einer der Factoren, welche die Absorptions-Fähigkeit des Bodens bedingen.

Diese so wichtige Eigenschaft des Bodens wird später in einem besonderen Kapitel ausführlich besprochen werden, hier sei nur angeführt, daß der Humus eine der Ursachen ist, durch welche die Absorptions-Fähigkeit des Bodens für die Basen, vor Allem für das Ammoniac bedingt wird.

d. Verdichtung von Luft im Boden.

Die atmosphärische Luft, vor Allem der Sauerstoff derselben ist für die mannigfachen Oxydationsprocesse, welche in jedem Culturboden vor sich gehen müssen, unentbehrlich; die Folge dieser Processe ist einerseits Bildung von Gasen (Kohlensäure). Der Boden besitzt nun das Vermögen, sowohl die atmosphärische Luft als auch diese Gase zu verdichten. Von den einzelnen Bestandtheilen des Bodens spielt der Humus hierbei eine sehr wichtige Rolle.

e. Bedeutung des Humus für die physikalischen Eigenschaften des Bodens.

Diese Wirkung des Humus zeigt sich in zweierlei Hinsicht.

α. In dem Einfluß auf die Lockerheit oder Bindigkeit u. s. w. des Bodens. Die für das Wachsthum der Pflanzen so außerordentlich wichtigen Eigenschaften des Bodens: der erforderliche Grad der Lockerheit, resp. Bindigkeit, die wasserhaltende und wasser-

fassende Kraft, sind leider immer noch nicht allgemein genug gewürdigt. Der Humus ist einer von den Factoren, welche auf diese physikalischen Eigenschaften eines Bodens bedeutend influiren; er erhöht die Bindigkeit des zu lockeren Bodens, und vermehrt seine wasserhaltende und wasserfassende Kraft; daher ist der Landwirth mit Recht bemüht, einem losen Sandboden eine Pflanzennarbe und so eine Humusdecke zu verschaffen. Auf den sehr bindigen Thonboden vermag der Humus weniger günstig zu influiren.

β. In dem Verhalten des Humus zur strahlenden Wärme. Eine schwarze Fläche wird bekanntlich von der Sonne viel stärker als eine andere erwärmt, daher auch der durch den Humus geschwärzte Boden mehr, als der humusfreie. Da nun die Wärme für das Pflanzenleben von großer Bedeutung ist, so folgt auch hieraus die Wichtigkeit des Humus für die Vegetation.

B. Die Luft, die Kohlenstoffquelle der Pflanzen.

§. 7.

Kehren wir nach dieser kurzen Abschweifung zur Untersuchung der Kohlenstoffquellen der Pflanzen zurück. Die bisherige Betrachtung hat gezeigt, daß die Pflanzen möglicherweise geringe Mengen Humus aufnehmen können, wodurch ihnen somit geringe Mengen Kohlenstoff zugeführt werden. Da aber der Bedarf der Pflanze an Kohlenstoff ein sehr bedeutender ist, so kann sie durch den aufgenommenen Humus immer nur einen äußerst winzigen Bruchtheil ihres Kohlenstoffbedarfs decken und wir sind daher genöthigt, uns nach einer anderen Quelle für den Kohlenstoff der Pflanzen umzusehen.

Da die organischen Bestandtheile des Bodens oder die atmosphärische Luft der Pflanze allein nur den Kohlenstoff liefern können, so bleibt jetzt als fernere Kohlenstoffquelle nur noch letztere übrig.

Bevor wir den Beweis antreten, daß der Kohlenstoff der Pflanzen aus der Luft stammt, ist es nothwendig, daß wir uns vorher mit der Beschaffenheit der atmosphärischen Luft näher bekannt machen.

a. Die atmosphärische Luft.

§. 8.

Bei der atmosphärischen Luft haben wir stetige und zufällige Bestandtheile zu unterscheiden. Zu den stets in derselben vorkom-

menden Körpern gehören: Stickstoff, Sauerstoff, Kohlensäure, Wasser, Ammoniac und Salpetersäure.

Betrachten wir diese zunächst etwas genauer:

Stickstoff und Sauerstoff. Sehen wir von den übrigen in ihren Mengenverhältnissen gegen diese sehr zurückstehenden Bestandtheile ab, so besteht die atmosphärische Luft in 100 Raumtheilen aus 20,9 Sauerstoff und 79,1 Stickstoff oder in Gewichts-Procenten ausgedrückt, aus 23 Theilen Sauerstoff und 77 Theilen Stickstoff. Dies Verhältniß zwischen beiden Körpern findet sich, abgesehen von ganz außerordentlich geringen Schwankungen, auf der ganzen Erdoberfläche und in allen bis jetzt untersuchten Höhen.

Anders ist die Luft in der Ackerkrume, sowie die im Wasser befindliche zusammengesetzt; diese besteht nach Péligot aus 32 Theilen Sauerstoff und 68 Theilen Stickstoff; auf die Luft in der Ackerkrume kommen wir später nochmals zurück. Die in den Schneeflocken befindliche Luft fand Boussingault nach tüchtigem Auskochen von geschmolzenem Schnee ebenfalls aus 32 Theilen Sauerstoff und 68 Theilen Stickstoff bestehend. Regenwasser, sowie Schneewasser führen also dem Boden eine an Sauerstoff reichere Luft zu.

Die Unveränderlichkeit des Sauerstoff- und Stickstoff-Gehalts der Luft wurde zunächst von A. v. Humboldt und Gay-Lussac im Jahre 1804 dargethan; nach ihnen ist die Luft von vielen Forschern, wie von Saussure, Davy, Dumas, Boussingault, Léwy, Bunsen, Regnault u. A. untersucht worden; alle fanden, daß das Verhältniß zwischen Sauerstoff und Stickstoff an den verschiedensten Orten und in verschiedenen Höhen nach Abzug der anderen Bestandtheile constant, wenigstens nur sehr geringen Schwankungen unterworfen sei.

Kohlensäure. Der Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlensäure ist auch keinen bedeutenden Schwankungen ausgesetzt; er variirt auf 10000 Theilen zwischen 3,15 bis 5,75; im Durchschnitt kommen auf 10000 Theile 4,15 Theile Kohlensäure. Die Schwankungen, welche sich im Gehalte der Luft an Kohlensäure zeigen, hängen von der Localität, der Witterung, der Tageszeit u. s. w. ab.

Saussure, von dem eine große Reihe von Untersuchungen über diesen Gegenstand gemacht sind und von dem auch die oben angeführten Zahlen herrühren, fand daß auf 10000 Theile Luft in der Stadt Genf 4,68 Theile Kohlensäure, außerhalb derselben 4,37 kamen, ferner bei starkem Winde 3,98, bei schwachem Winde 3,76, bei Tage 3,38 (Maximum 5,4) und bei Nacht 4,32 (Maximum 5,75). — Hermann und A. Schlagintweit, welche die Luft der Alpen auf ihren Kohlensäuregehalt untersuchten, fanden bei Linz (2314 pariser Fuß über dem Meeresspiegel) 4,2; bei Johannishütte (7581 p. F. über d. M.) 4,8; bei Rackern, einem schneefreien Gipfel mit wenig Vegetation (10362 p. F. über d. M.) 5,8; bei Johannishütte (7581

p. F. über d. M.) 4,7 u. s. w. — Außer von den Genannten ist die Luft auf ihren Gehalt an Kohlensäure noch von vielen andern Forschern, wie von A. v. Humboldt, Dalton, Thénard, Brunner, Mène u. A. untersucht worden; alle bestätigen die Saussure'schen Resultate. Mène hat ferner noch gefunden, daß die Kohlensäuremenge der Luft während des Jahres in folgender Weise schwankt: sie ist im December und Januar fast gleich, nimmt im Februar, März, April und Mai zu, von Juni bis August ab, dann im September bis November wieder zu. Am Tage scheinen ferner nach Mène ebenfalls kleine Schwankungen stattzufinden, und zwar in der Art, daß gegen Mittag eine kleine Zunahme eintritt. Schließlich fand Mène, daß nach einem Regen fast stets mehr Kohlensäure als vorher in der Luft vorhanden ist.

Ammoniac und Salpetersäure. Der Gehalt der Luft an diesen beiden Körpern wird später bei der Betrachtung der Stickstoffquellen der Pflanzen speciell besprochen; hier sei nur erwähnt, daß beide stets in der Luft gefunden werden.

Wasser. Der Wassergehalt der Luft ist den bedeutendsten Schwankungen unterworfen. Das Wasser kommt in der Luft in Form von Wasserdampf und in verdichteter Form vor. Wolken und Nebel bestehen aus Bläschen, deren Hülle tropfbar flüssiges Wasser und deren Inhalt Luft ist. Die Menge des Wasserdampfes der Luft eines Ortes hängt von der Temperatur, der Beschaffenheit der durch die Winde herbeigeführten Luft und den localen Verdunstungsbedingungen ab.

In Betreff der Temperatur bemerke ich, daß die Luft bei den einzelnen Temperaturgraden eine bestimmte Menge von Wasser aufzunehmen im Stande ist und zwar je höher diese sind, um so mehr. — Der Einfluß, der durch die Winde herbeigeführten Luft hängt von der Wärme und dem Wassergehalte derselben ab; ist sie kälter als die Luft des Ortes, so verringert sie die Fähigkeit derselben, Wasser aufzunehmen und veranlaßt, im Falle diese mit Wasserdampf gesättigt war, eine Abgabe von Wasser — Regen; ist sie andererseits wärmer und nicht mit Wasserdampf gesättigt, so vermehrt sie die wasserfassende Kraft der Luft; ist sie dagegen wärmer und mit Wasserdampf gesättigt, so findet auch jetzt Wasserabgabe statt. Für alle diese Erscheinungen gilt das oben genannte Gesetz, daß die Luft bei einem bestimmten Temperaturgrade nur eine bestimmte Menge von Wasser fassen kann. Wird dieser Temperaturgrad erniedrigt, so muß Wasser abgegeben werden; wird er erhöht, so kann die Luft noch mehr Wasser aufnehmen u. s. w. Was den Einfluß der localen Verdünstungsbedingungen anbetrifft, so ist leicht erklärlich, daß diese, je günstiger sie sind, unter sonst gleichen Verhältnissen, um so mehr den Wassergehalt der Luft vermehren müssen; wir dürfen hierbei aber nicht außer Acht lassen, daß die Luftströmungen den localen Verdünstungsbedingungen entgegenstehen, und so leicht Ausgleichungen bedingen.

Als zufällige Stoffe, welche in der atmosphärischen Luft vorkommen können, sind anzuführen: Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoff, Chlor, Jod und all die unorganischen und organischen Stoffe, welche in der Ackererde und in den Gewässern enthalten sind und durch die Winde in die Atmosphäre gehoben werden.

§. 9.

b. Menge der atmosphärischen Luft.

Nachdem wir so die Mengenverhältnisse der stetigen Bestandtheile besprochen haben, führe ich noch an, daß die Luftmenge, welche unsere Erde umgiebt, nach den Berechnungen von Schmidt 11,104,950 Billionen Pfund beträgt und aus

	2,551,586	Billionen	Pfund	Sauerstoff,
	8,544,932	"	"	Stickstoff
und	8,440	"	"	Kohlensäure

besteht.

Diese Betrachtung der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft hat uns also gezeigt, daß die Sauerstoffmenge derselben, abgesehen von ganz unbedeutenden Schwankungen, eine constante ist. Diese Thatsache muß uns aber ganz außerordentlich wunderbar erscheinen, wenn wir bedenken, daß durch den Athmungs-Proceß der Menschen und Thiere, durch den Verbrennungs-Proceß und durch die Verwesung und Fäulniß jeden Augenblick ungeheure Mengen von Sauerstoff verbraucht werden.

§. 10.

c. Berechnung des Sauerstoffverbrauchs.

Wie außerordentlich der Verbrauch an Sauerstoff ist, zeigt folgende Rechnung.

1. Verbrauch durch den Athmungs-Proceß.

α. Bei den Menschen.

Nach Versuchen von Schartling, Barral und Lassaigne werden von den Menschen in 24 Stunden 219 Grm., also im Jahre 160 Pfd. Kohlenstoff verbrannt. Nehmen wir die Zahl der Bewohner der Erde nur zu einer Milliarde an, so ergiebt dies einen Verbrauch von Kohlenstoff von 1,600,000,000 Ctr.; zur Verbrennung dieser Kohlenstoffmenge sind 4260 Mill. Ctr. Sauerstoff erforderlich und es werden 5860 Mill. Ctr. Kohlensäure erzeugt.

β. Verbrauch durch die Thiere.

Der Verbrauch von Sauerstoff durch die Thierwelt läßt sich natürlich nicht in so bestimmten Zahlen angeben, als der durch die Menschen. Be-

denkt man aber, daß nach den Beobachtungen von Lassaigne ein Pferd im Durchschnitt täglich 5000 Grm., ein Stier 3500 Grm., ein Widder 715 Grm., eine Ziege 278 Grm., ein Jagdhund 227 Grm. u. s. w. Kohlenstoff verbrennt und daß ferner auf unserer Erde mehr als 84,000 Thiergeschlechter leben, so wird es gewiß nicht zu hoch gegriffen sein, wenn wir den Verbrauch von Sauerstoff durch die Thierwelt zu der doppelten von der von den Menschen verbrauchten, also zu 8520 Mill. Ctrn. annehmen; die hierdurch erzeugte Kohlensäure beträgt 11,720 Mill. Ctr.

2. Durch den Verbrennungs-Proceß.

α. Für häusliche Zwecke.

Veranschlagt man mit Schleiden den jährlich zwischen dem 50 und 60° n. Br. bei in größeren Vereinen lebenden Menschen auf den Kopf verbrauchten Brennstoff als wirkliches Quantum für alle Menschen, so ergiebt sich als Mittel eine Klafter hartes Holz pro Kopf. Die Klafter Holz wiegt 3600 Pfd., das Holz enthält nach Chevandier 50,3% Kohlenstoff, die Klafter also 1810 Pfd. Eine Milliarde Menschen verbrauchen sonach 1 Milliarde Klafter Holz mit 1810 Milliarden Pfd. Kohlenstoff, zu deren Verbrennung 48,260 Ctr. Sauerstoff erforderlich sind; die erzeugte Kohlensäure beträgt 66,360 Mill. Ctr.

β. Verbrennung für technische Zwecke.

Nimmt man als Maßstab hierfür die jährlich gewonnenen Stein- und Braunkohlen an, was wohl ohne Weiteres geschehen kann, wenn auch in einigen Haushaltungen Steinkohlen verbraucht werden, da ja auch in vielen Fabriken Holz und Torf als Brennmaterial verwandt wird, so ergiebt sich Folgendes:

Nach den Angaben von Noback wurden gewonnen:

in Großbrittanien	1854	1,315971397	Ctr.	Steinkohlen.	
„ Belgien	1853	145431000	„	„	
„ Frankreich	1852	98078518	„	„	
„ Preußen	1854	136250000	„	„	und
		25000000	„	Braunkohlen,	
„ Oesterreich	1853	9000000	„	Steinkohlen,	
„ Sachsen	1853	17783706	„	„	
„ Amerika (nach Schätzung)		200000000	„	„	
		1947514621	Ctr.	Stein- u. Braunkohlen.	

Rechnen wir den Kohlenstoffgehalt der Steinkohlen zu 75% und nehmen in gerader Zahl 1948 Mill. Ctr. an, so ergiebt sich eine Kohlenstoffmenge von 1461 Mill. Ctr., welche zu ihrer Verbrennung 3896 Mill. Ctr. Sauerstoff bedürfen und 5357 Mill. Ctr. Kohlensäure erzeugen.

3. Verbrauch durch den Verwesungs-Proceß.

Nach Versuchen von Corenwinder wird durch den Verwesungs-Proceß, wenn man die Stärke der Erdschicht, auf welche die Luft einwirkt, zu 8 Centimeter (etwas mehr als 3 preuß.. Zoll) annimmt, von

Gartenerde	pr. Hectare in 24 St.	500	Hectolit. Kohlensäure,
thonreichem Boden	„ „ „ „ „	300	„ „
demselben nach der Auflockerung	„ „ „	500	„ „
Erde eines Rübenfeldes	„ „ „	1570	„ „

erzeugt. Nehmen wir zu unserer Rechnung nur 100 Hectolit., so macht dies auf eine Quadratruthe im Jahre 20,5 Pfd. Kohlensäure (100 Hectolit. = 19814 Grm.; 1 Hectare = 705 Quadratruthen, also $\frac{19814 . 365}{705 . 500}$ = 20,5 Pfd.) mit 5,6 Pfd. Kohlenstoff und 14,9 Pfd. Sauerstoff. Die Landoberfläche der Erde beträgt 2,424000 Quadratmeilen; rechnen wir nur 2 Mill., indem der Rest für die Sahara, die Wüste Gobi und die vegetationsleeren Polarländer abgezogen wird, so erhalten wir an durch den Verwesungs-Proceß auf der Erde verbrauchtem Sauerstoff 1,192000 Millionen Centner (4,000000 . 14,9 . 2,000000).

Der durch die Gährungs- und Fäulniß-Processe verbrauchte Sauerstoff, sowie die hierdurch erzeugte Kohlensäure, ferner die durch vulkanische Processe producirte Kohlensäure, entziehen sich der Rechnung vollständig.

Stellen wir der besseren Uebersicht wegen die gewonnenen Zahlen zusammen, so ist der Sauerstoffverbrauch jährlich, wie folgt:

a. durch den Athmungs-Proceß	12780	Mill. Ctr.,
b. durch den Verbrennungs-Proceß	52156	„ „
c. durch den Verwesungs-Proceß	1192000	„ „
	1256936	Mill. Ctr.

also über $1^1/_4$ Bill. Ctr., d. h. der 20300. Theil des überhaupt in der atmosphärischen Luft befindlichen Sauerstoffs.

d. Berechnung der durch diese Processe erzeugten Kohlensäure.

Die durch den Verbrauch von über $1^1/_4$ Bill. Ctr. Sauerstoff erzeugte Kohlensäure beträgt:

a. durch den Athmungs-Proceß	17580	Mill. Ctr.,
b. durch den Verbrennungs-Proceß	71717	„ „
c. durch den Verwesungs-Proceß	1640000	„ „
	1729297	Mill. Ctr.,

also jährlich über 1,7 Bill. Ctr., d. i. der 48,8. Theil der in der Atmosphäre vorhandenen Kohlensäure.

Ich hebe noch hervor, daß diese Rechnung, welche so außerordentlich hohe Zahlen ergiebt, nur auf Minimalsätzen beruht.

Während also nach obiger Rechnung jährlich gegen $1^1/_4$ Bill. Ctr. Sauerstoff verbraucht und dafür 1,7 Bill. Ctr. Kohlensäure erzeugt werden, bleibt, wie oben gezeigt, der Gehalt der Luft an Sauerstoff eine unveränderliche Größe und der an Kohlensäure schwankt nur innerhalb kleiner Grenzen.

Wie erklären sich diese scheinbar sich so widersprechenden Thatsachen? Beide finden ihre Beantwortung in dem Lebensprocesse der Vegetabilien; diese entnehmen den Kohlenstoff, dessen sie bedürfen,

aus der Kohlensäure der Atmosphäre und geben einen Theil des Sauerstoffs derselben an diese ab.

Wir haben jetzt im Folgenden die näheren Verhältnisse zu betrachten, unter denen die Aufnahme der Kohlensäure und die Abgabe von Sauerstoff erfolgt.

§. 11.

e. Geschichtliche Darlegung der Ansichten über die Kohlensäure als Kohlenstoffquelle der Pflanzen.

Geschichtlich sei vorher noch angeführt, daß Bonnet zuerst in der Mitte des vorigen Jahrhunderts beobachtete, daß von der Oberfläche der Blätter Gas austrete. Darauf zeigte Priestley, einer der Entdecker des Sauerstoffs, im Jahre 1771, daß die durch das Athmen der Menschen und Thiere u. s. w. verdorbene Luft durch die Pflanzen verbessert werde; Priestley leitete dies aber nicht von einer Zerlegung der Kohlensäure durch die Blätter her, er hielt sie im Gegentheil nach seinen Versuchen für ein dem Pflanzenwachsthum schädliches Gas. Der erste, welcher aussprach, daß die Kohlensäure zur Erhaltung der Pflanzen diene, wenn man sie an die Blätter derselben treten lasse, war Perceval (auch Percival geschrieben); dieser that auch ferner dar, daß die Kohlensäure, den Wurzeln der Pflanzen dargeboten, deren Wachsthum befördere. Ingenhouß beobachtete dann zuerst im Jahre 1779, daß die Blätter und grünen Theile der Pflanzen die Kohlensäure am Tage zerlegen und Sauerstoff aushauchen, während von diesen in der Nacht, sowie von den Wurzeln und Früchten auch am Tage Kohlensäure erzeugt werde. Er hielt die Kohlensäure für die Hauptnahrung der Pflanzen und die Blätter für die Hauptnährer der letzteren.

Specielle Versuche über die Beziehungen der Kohlensäure zur Pflanze und der Kohlenstoffquelle der letzteren wurden von Sennebier angestellt; dieser gelangte durch seine Versuche zu der Ansicht, daß die Kohlensäure die Kohlenstoffquelle der Pflanze sei, daß sie von den Wurzeln und Blättern aufgenommen und in letzteren durch Vermittelung des Sonnenlichts in der Art zerlegt werde, daß der Kohlenstoff von der Pflanze assimilirt, dagegen der Sauerstoff an die Atmosphäre abgegeben werde. Die von den Pflanzen ausgeathmete Luft besteht aber, wie er schon zeigte, nicht allein aus Sauerstoff, sondern enthält noch Kohlensäure und Stickstoff. Die Versuche Sennebier's sind außerordentlich zahlreich und erstrecken sich schon auf sehr specielle Fragen, z. B. beobachtete er, daß die untere Blattfläche mehr Gas abgiebt, als die obere, daß der ausgehauchte Sauerstoff nicht vom Wasser, sondern von der Kohlensäure stamme, daß die Blätter im Dunkeln Sauerstoff abgegeben u. s. w. Es ist hier leider nicht der Ort, speciell auf diese Arbeiten einzugehen, aber jedenfalls interessant darzuthun, wie weit schon damals die Beobachtungen über diesen Gegenstand vorgerückt waren. Die Arbeiten Sennebier's wurden von seinem Schüler, dem berühmten Genfer Gelehrten, Th. de Saussure fortgesetzt und fast zum Abschluß abgebracht, indem die Saussure'schen Resultate uns noch jetzt zur Grundlage dienen.

§. 12.

f. Die Saussure'schen Versuche.

Die Versuche Saussure's haben dargethan, daß die Pflanzen die Kohlensäure zerlegen, sich den Kohlenstoff und einen Theil des Sauerstoffs aneignen und den andern Theil des letzteren an die Atmosphäre zurückgeben.

Um ein Bild von der Art und Weise, wie Saussure operirte, zu geben, führe ich hier einen der vielen Versuche desselben an.

Er präparirte ein künstliches Luftgemisch aus atmosphärischer Luft und Kohlensäure, zusammen 287 Kubikzoll, worin $7\frac{1}{2}$ % Kohlensäure enthalten waren. Diese Luft schloß er in einen Recipienten, welcher durch Quecksilber von der umgebenden Luft abgesperrt war; in denselben brachte er 7 Pflanzen von Vinca minor (Sinngrün), welche eine Länge von 8" hatten; die Wurzeln dieser Pflanze gingen in ein abgesperrtes Gefäß, welches ¾ Kubikzoll Wasser enthielt. In diesem Apparat blieben die Pflanzen 6 Tage lang, wobei sie am Tage von Morgens 5 — 11 Uhr dem directen Sonnenlichte ausgesetzt waren; am 7. Tage wurde der Versuch beendet und die Luft im Recipienten untersucht.

Vor dem Versuche bestand dieselbe aus:

	211,92	Kubikzoll	Stickstoff,
	56,33	"	Sauerstoff
und	21,75	"	Kohlensäure,
	290,00		

nach dem Versuche aus:

	218,95	Kubikzoll	Stickstoff
und	71,65	"	Sauerstoff,
	290,60	Kubikzoll.	

Die Pflanzen hatten somit alle Kohlensäure verarbeitet und zwar den Kohlenstoff derselben vollständig aufgenommen, dagegen aber nur einen Theil des Sauerstoffs. Hätten sie allen Sauerstoff der Kohlensäure an die Atmosphäre abgegeben, so hätten 21,75 Kubikzoll Sauerstoff erzeugt werden müssen; der Sauerstoffgehalt der Luft im Recipienten war aber nur um 14,75 Kubikzoll vermehr, somit waren 7 Kubikzoll Sauerstoff von den Pflanzen aufgenommen worden.

Bei einem vergleichenden Versuche mit reiner atmosphärischer Luft wurde das Luftgemisch nicht verändert. Sieben Pflanzen von Vinca minor lieferten bei der Verkohlung in einem abgeschlossenen Gefäße 0,528 Grm. Kohle, die 7 ebenso entwickelten nach der Zerlegung der Kohlensäure dagegen 0,649 Grm., somit hatten die Pflanzen durch die Zerlegung der Kohlensäure 0,121 Grm. Kohle erhalten.

Aehnliche Resultate erhielt Saussure bei allen auf gleiche Weise angestellten Versuchen.

Im Jahre 1817 machte der Mecklenburger Apotheker Grischow ähnliche Versuche und bestätigte im Allgemeinen die von Saussure erhaltenen Resultate.

Bei den Versuchen von Saussure war, wie die angeführten Zahlen zeigen, auch eine Vermehrung des Stickstoffsgehalte der

Luft entstanden, welchen Saussure als von der Substanz der Pflanzen selbst stammend ansieht. Ob dieser Stickstoff aber wirklich von den Pflanzen aus ihrer Substanz abgegeben werde, oder ob das für Stickstoff gehaltene nicht aus einem oder mehreren anderen Gasen bestehe, war durch die Saussure'schen Versuche noch nicht mit Sicherheit zu entscheiden.

§. 13.

g. Die Versuche von Gratiolet und Cloëz.

Die Ausathmung von Stickstoff wurde dann ferner in neuerer Zeit von Cloëz und Gratiolet bestätigt, indem auch sie bei ihren mit Wasserpflanzen angestellten Versuchen neben dem ausgeathmeten Sauerstoff ein Gas fanden, welches sie für Stickstoff hielten.

Bei ihren Versuchen mit Potamogeton perfoliatus, einer zur Familie der Najaden gehörigen Pflanze, erhielten Cloëz und Gratiolet Folgendes:

Menge des bei 0° und 0,76m ausgeathmeten Gases. Ccm.		Zusammensetzung in 100 Theilen.	
		Sauerstoff	Stickstoff
Am 1. Tage	348	84,30	15,70
„ 2. „	569	86,21	13,79
„ 3. „	624	88,00	12,00
„ 4. „	315	89,74	10,26
„ 5. „	226	90,47	9,53
„ 6. „	162	92,85	8,15
„ 7. „	120	95,66	4,34
„ 8. „	86	97,10	2,90

In einer neueren Arbeit hat Cloëz dagegen gefunden, daß das Gas, welches sich unter dem Einfluß des Sonnenlichtes und bei fortwährender Erneuerung des Wassers aus Potamogeton perfoliatus entwickelt, lediglich Sauerstoff und Stickstoff, in nur wenig wechselndem Verhältnisse, sei.

Er fand:

	1. Tag	5. Tag	10. Tag	15. Tag	20. Tag
Sauerstoff	46,08	44,83	42,15	40,02	38,5
Stickstoff	53,92	55,17	57,85	59,98	61,5

Auch das Gas, welches sich aus derselben Pflanze während ihrer Vegetation unter gewöhnlicher lufthaltiger, mit etwas Kohlensäure geschwängerter Luft, aber nicht erneuertem Wasser entwickelt, fand Cloëz nur aus Sauerstoff und Stickstoff neben wenig Kohlensäure bestehend.

Er erhielt:

	1. Tag	3. Tag	5. Tag
Sauerstoff	70,103	87,52	90,875
Stickstoff	29,897	12,48	9,125

§. 14.

h. Die Versuche von Boussingault.

Aehnliche Resultate erhielt Boussingault bei seinen im Jahre 1849 angestellten Versuchen. Um aber diese Frage, welche jedenfalls nicht von geringer Bedeutung ist, zur endgültigen Entscheidung zu bringen, stellte Boussingault 1861 von Neuem eine Reihe von Versuchen an. Cloëz und Gratiolet hatten die Zusammensetzung der Luft, des Wassers und die der Blätter nicht berücksichtigt, was Boussingault nun bei seinen neuen Versuchen that. Diese Versuche wurden mit einer Reihe von Pflanzen angestellt und ergaben z. B. Folgendes:

Zeit des Versuchs.	Name der Pflanze.	Verschwundene Kohlensäure Ccm.	Erschienener Sauerstoff Ccm.	Erschienener Stickstoff Ccm.
16. August	Lorbeerrose	26,5	27,3	0,3
18. und 20. August	Pfirsichbaum	76,4	77,0	0,7
24. „ 25. „	Spanischer Flieder	38,6	37,9	0,3
21. „ 23. „	Weide	77,2	74,2	1,1
27. „ 28. „	Fichte	85,9	88,5	0,9
31. August und 2. Sept.	Wasserpflanzen	80,8	76,4	0,8
11. Sept.	Weinstock	17,2	15,5	0,2
28. „	Bohne	22,0	21,0	0,2
18. October	Hafer	30,7	29,9	0,3

Mit Stickstoff ist hier dasjenige Gas bezeichnet, welches weder von Kali noch von pyrogallussaurem Alkali absorbirt wurde.

Boussingault untersuchte nun diesen Rückstand weiter, welcher eben bis jetzt von allen Experimentatoren für Stickstoff gehalten worden war. Zu diesem Zwecke verschaffte er sich eine größere Menge dieses Gases und fand, daß dasselbe nicht reiner Stickstoff sei, sondern noch Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoff enthalte.

So erhielt er z. B. bei der Weide im September:

	1. Flasche	2. Flasche
Kohlenoxyd	7,7	13,1
Kohlenwasserstoff	0,3	0,2
Stickstoff	92,0	86,7

§. 15.

i. Resultate dieser Versuche.

Aus allen diesen Versuchen folgt somit für die Aufnahme der Kohlensäure, daß dieselbe in den Blättern in der Art zerlegt wird,

daß ihr Kohlenstoff mit Ausnahme sehr geringer Mengen, welche in Form von Kohlenwasserstoff und Kohlenoxydgas (?) abgegeben werden, von der Pflanze assimilirt, und daß der Sauerstoff derselben zum Theil an die Atmosphäre zurückgegeben, und zum Theil ebenfalls zum Aufbau des pflanzlichen Organismus verwandt wird.

Hier müssen aber zugleich noch einige neuere Versuche von Calvert, Cloëz und Boussingault über das Verhalten von reinem Sauerstoff bei der Absorption durch Pyrogallussäure und Kali erwähnt werden, weil sie für die Annahme der Ausscheidung von Kohlenoxydgas durch die Pflanzen von Wichtigkeit sind.

Alle 3 Forscher machten nämlich die Beobachtung, daß beim Zusammenbringen von reinem Sauerstoff mit einer Lösung von Pyrogallussäure in Kali die anfängliche rasche Absorption immer langsamer werde und endlich ganz aufhört, bevor noch alles Gas verschwunden ist. Die Untersuchung des so bleibenden Gasrückstandes ergab, daß derselbe aus Kohlenoxydgas bestehe. Bei Anwendung von atmosphärischer Luft fand dasselbe statt; Kohlenwasserstoffe wurden dagegen in diesem Rückstande nicht gefunden. Es ist also bei der Absorption des Sauerstoffs durch Pyrogallussäure Kohlenoxydgas gebildet worden.

Da nun bei den Untersuchungen Boussingault's, durch welche etwas Kohlenoxydgas als von den Pflanzen exhalirt gefunden, der Sauerstoff durch Pyrogallussäure und Kali bestimmt wurde, so ist bei der Absorption desselben ebenfalls Kohlenoxydgas gebildet worden, und daher nicht zu entscheiden, ob das gefundene Kohlenoxydgas überhaupt auf diese Weise entstanden, oder ob ein Theil desselben durch die Pflanze abgegeben ist.

Alle die bis jetzt angeführten Versuche waren unterm Einfluß des Sonnenlichts gemacht worden und beweisen daher, daß die Blätter und grünen Theile der Pflanzen bei der Einwirkung des Sonnenlichts die Kohlensäure zu zerlegen im Stande sind. Wir haben nun ferner zu untersuchen, wie sich die Pflanzen während der Nacht gegen die Kohlensäure verhalten.

§. 16.

k. Verhalten der Pflanzen während der Nacht gegen die Kohlensäure der Luft.

Schon Ingenhouß, Sennebier, darauf Saussure, Boussingault und Andere fanden, daß in der Nacht nicht nur keine Kohlensäure zerlegt, sondern von den Blättern sogar Kohlensäure ausgehaucht werde. Cloëz und Gratiolet beobachteten bei Wasserpflanzen keine Entwickelung von Kohlensäure.

Saussure, dem wir die ersten speciellen Untersuchungen auch hierüber verdanken, stellte dieselben vorherrschend mit Cactus opuntia an, da dieser eine große Vegetationskraft hat und deshalb dergleichen Untersuchungen ertragen kann. Er brachte Blätter und Aeste desselben, welche 6 Kubikzoll einnahmen, nach Sonnenuntergang in einen Recipienten, welcher 48 Kubik-

zoll atmosphärische, von Kohlensäure befreite Luft enthielt; das Gefäß war durch Quecksilber abgeschlossen. Am andern Tage beim Aufgang der Sonne zeigte sich, daß dieselben 4 Kubikzoll Sauerstoff eingeathmet hatten; Stickstoff war nicht absorbirt, ebensowenig Kohlensäure gebildet. Bei Fortsetzung des Versuchs ergab sich ferner, daß der Cactus, nachdem er $1^1/_4$ Mal sein eigenes Volumen an Sauerstoff absorbirt hatte, was innerhalb 36—40 Stunden erfolgte, nichts mehr aufnahm. War dieser Zeitpunkt eingetreten, so wurde Kohlensäure gebildet, wozu die Blätter ungefähr die Hälfte Sauerstoff weniger, als sie eingeathmet, verbrauchten.

Die Blätter der meisten Pflanzen dagegen, vor Allem die nicht fleischigen, bilden in derselben Zeit, wo sie Sauerstoff einathmen, Kohlensäure; sie athmen aber meistens etwas weniger Sauerstoff als der Cactus ein.

Zum Beweise, daß diese Einathmung von Sauerstoff ein wesentlicher Lebensact der Pflanze sei, untersuchte Saussure:

a. ob der eingeathmete Sauerstoff unter der Luftpumpe wieder abgegeben werde; dies war der Fall nicht.

b. ob eine ziemlich gemäßigte, dunkle Wärme so stark, daß sie das Gewächs nicht zerstört, die eingeathmete Luft wieder einweichen läßt; auch dies war nicht der Fall.

c. ob in Lufträumen, welche keinen Sauerstoff enthalten, Einathmungen erfolgen; es zeigte sich, daß weder Stickstoff noch Wasserstoff oder Kohlensäure denselben ersetzen können.

Saussure untersuchte ferner noch, ob, wenn Kohlensäure sich in geringer Menge im Sauerstoffgase befindet, beide Gase in demselben Verhältnisse eingeathmet werden? Zu diesem Zwecke wurden $7^3/_4$ Kubikzoll Cactus Nachmittags in $43^1/_2$ Kubikzoll Luft, welche durch Quecksilber abgesperrt war, gebracht; diese Luft enthielt in 100 Theilen 74 Th. Stickstoff, 19 Th. Sauerstoff und 7 Th. Kohlensäure. Nach 12 Stunden Aufenthalt im Finstern war das Volumen auf 81 zurückgekommen, die Blätter hatten also ca. $1^1/_4$ ihres Volumens eingeathmet: die zurückgebliebene Luft enthielt 13,5 Th. Sauerstoff und 5,5 Th. Kohlensäure; somit ist also Sauerstoff und Kohlensäure in fast demselben Verhältnisse, in dem sie in der Luft enthalten waren, eingeathmet worden.

Diese Saussure'schen Versuche constatiren somit, daß die Pflanzen in der Nacht keine Kohlensäure zerlegen, sondern Sauerstoff einathmen, was als ein wesentlicher Lebensact der Pflanzen anzusehen ist, und Kohlensäure aus ihrer Substanz bilden, welche ausgeathmet wird. Ob der sämmtliche eingeathmete Sauerstoff zu Oxydationsprocessen in der Pflanze verwandt wird, wie Saussure meint, ist nicht anzunehmen, ein Theil wird sicherlich als solcher wieder abgegeben.

Die Aushauchung von Kohlensäure in der Nacht beruht aber nicht allein auf der Bildung derselben durch Verbindung des eingeathmeten Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff der Pflanzen, sondern ein Theil der ausgeathmeten Kohlensäure ist von der Pflanze als solche aufgenommen und wird von ihr, da in der Nacht keine Zerlegung stattfinden kann, als solche wieder abgegeben. Die Pflanze steht ja sowohl am Tage als in der Nacht mit den einzelnen Be=

standtheilen der sie umgebenden atmosphärischen Luft in Wechselwirkung: es findet fortwährend Aufnahme und Abgabe statt. Oxydationsprocesse gehen in der Nacht wie am Tage in der Pflanze vor sich. Der hierdurch herbeigeführte Verbrauch von Sauerstoff wird am Tage nicht bemerkt, weil die Sauerstoffabgabe bedeutend mehr beträgt, als der Sauerstoffverbrauch. Ebenso wird bei Tage und bei Nacht Kohlensäure aufgenommen; bei Tage unter dem Einflusse des Sonnenlichts zerlegt und der Kohlenstoff assimilirt; in der Nacht dagegen, wo eine Zerlegung nicht möglich ist, wird sie zugleich mit dem aufgenommenen Stickstoff wieder abgeschieden. Diese Ausscheidung von Kohlensäure ist somit ein rein mechanischer Proceß.

Nach v. Liebig steht die Aushauchung von Kohlensäure mit der Aufnahme von Sauerstoff in gar keiner Beziehung; er sagt: „die Aushauchung von Kohlensäure hat mit dem Assimilationsprocesse, mit dem Leben der Pflanze ebenso wenig zu thun, als die Einsaugung von Sauerstoff. Beide stehen miteinander nicht in der geringsten Beziehung; der eine ist ein rein mechanischer, der andere ein rein chemischer Proceß." Diesem Ausspruche v. Liebig's kann ich nicht ganz beistimmen; wenn auch die Einathmung von Sauerstoff ebenfalls durch die todte Pflanze, wie v. Liebig anführt, geschieht, so beweist dies doch nicht, daß sowohl in der lebenden als in der todten Pflanze derselbe Proceß vor sich geht, daß die Aufnahme von Sauerstoff mit dem organischen Lebensprocesse in der Pflanze nichts gemein haben sollte. Die oben angeführten Versuche von Saussure, sowie die auch von v. Liebig anerkannte Thatsache, daß Oxydationsprocesse in der Pflanze vor sich gehen müssen, sprechen dafür, daß die Aufnahme von Sauerstoff mit der Abgabe von Kohlensäure zum Theil im Zusammenhange steht.

§. 17.

1. Die Bedingungen der Zerlegung der Kohlensäure durch die Pflanzen.

a. Das Sonnenlicht u. s. w.

Bis jetzt haben wir als eine Bedingung für die Zerlegung der Kohlensäure durch die Blätter der Pflanze das Sonnenlicht kennen gelernt und haben uns jetzt mit den weiteren Bedingungen dieser Zerlegung bekannt zu machen.

Das Sonnenlicht läßt sich bekanntlich vermittelst des Prisma's in 7 Strahlen spalten; sind alle diese Strahlen für die Zerlegung gleichwerthig oder nicht? Draper hat gefunden, daß von den 7 Strahlen nur der farblose leuchtende Strahl die Zersetzung bewirken

kann, während die übrigen des Farbenfeldes die Ernährung nicht zu unterhalten vermögen.

Ferner war zu untersuchen, ob das Sonnenlicht durch das Licht einer Oel- oder Gaslampe zu ersetzen sei. Die betreffenden Versuche haben dargethan, daß das Licht einer Oel- oder Gaslampe die Zerlegung der Kohlensäure nicht zu bewirken vermag.

Nach den Versuchen von H. Vohl vermag auch das Mondlicht, als reflectirtes Sonnenlicht, die Zerlegung der Kohlensäure zu bewerkstelligen. Vohl zeigt, daß der Einfluß des Mondes auf die Pflanzen lediglich ein Lichteinfluß sei und daß das Mondlicht gerade so wie das Sonnenlicht die Kohlensäure während des vegetabilischen Lebens zerlegt. Die Wirkung des Mondlichtes im Verhältniß zu der des Sonnenlichtes sei den beiden Licht-Intensitäten proportional. Vohl hat nachgewiesen, daß während der Nacht Sauerstoff ausgehaucht werde und dadurch, wie er angiebt, das Wachsen während der Nacht und die Production kohlenstoffhaltiger Verbindungen, somit also die Zerlegung der Kohlensäure. Der Nachweis der Aushauchung von Sauerstoff in der Nacht kann aber entschieden nicht allein der Beweis für die Zerlegung während der Nacht sein, wie aus dem pag. 62 Angeführten hervorgeht.

Vohl hat ferner Samen unter ganz denselben Verhältnissen gesäet, die Hälfte desselben den Mondstrahlen ausgesetzt, die andere dagegen vor denselben geschützt und hier gefunden, daß die aus den dem Mondlichte exponirten Samen erhaltenen Pflanzen kräftiger wuchsen und 14 Tage bis 3 Wochen früher als die vor der Mondlicht-Einwirkung geschützten blühten.

Vohl stützt sich weiter auf die Erfahrungen der Forst- und Landwirthe und der Gärtner. Er führt an, daß der Forstmann kein Nutzholz bei zunehmendem Lichte schlagen lasse, weil das Holz dann weit leichter von Würmern zerfressen wird, als das bei abnehmendem Lichte Gefällte. Vohl erklärt dies, wie folgt: Das Mondlicht wirkt ähnlich wie das Sonnenlicht zerlegend auf die Kohlensäure, wodurch Assimilation von Kohlenstoff und Aushauchung von Sauerstoff stattfindet; die Sauerstoff-Entwickelung hat aber eine Wasserausscheidung zur Folge, beschleunigt also die Verdunstung von Wasser und ist somit neben der Wärme, von welcher die Verdunstung auch eine Function ist, und neben der Capillarität eine mächtige Ursache der Aufhäufung von Mineralstoffen und des Wassers durch die Pflanzen, also ein Beförderungsmittel der Säftebewegung in den Pflanzen. Aus diesen Gründen sind die Pflanzen bei Vollmond saftreicher als bei Abwesenheit des Mondlichtes.

Der Gärtner säet nie Kohlarten, Salat u. s. w., welche er

nicht in der Blüthezeit ernten will, bei zunehmendem Lichte, weil die Erfahrung lehrt, daß sie dann dem sogenannten Schießen unterworfen sind; dagegen werden alle diejenigen Pflanzen, welche in der Blüthezeit gebraucht werden sollen, bei zunehmendem Lichte gesäet, da sie, wie die Praxis darthut, schneller zur vollkommenen Entwickelung kommen.

Wenn diese Thatsachen auch sehr für einen Einfluß des Mondes auf den Lebensproceß der Pflanzen sprechen und ein solcher auch sicherlich nicht geläugnet werden kann, so ist doch gegen das Ganze der gegebenen Erklärungen manches einzuwenden, was hier zwar noch nicht erörtert werden kann, was sich aber im weiteren Gang der Betrachtung der Ernährung der Pflanzen zeigen wird.

§. 18.

β. Die Wärme.

Für die Zerlegung der Kohlensäure durch die Blätter ist ferner eine gewisse Wärmemenge nothwendig. Nach Cloëz und Gratiolet, welche hierüber Versuche angestellt haben, findet bei Wasserpflanzen bei + 4 ° C. keine Entwicklung von Sauerstoff, also keine Zerlegung von Kohlensäure statt. Die Gasentwickelung beginnt erst bei + 15 ° C. und steigert sich von da mit zunehmender Wärme, bis sie bei + 30 ° C. ihr Maximum erreicht. Läßt man die Wärme abnehmen, so zeigt sich, daß bei abnehmender Temperatur auch der Stoffwechsel in den Pflanzen ein geringerer wird, bis er bei + 10 ° C., wo kein Gas mehr entwickelt wird, vollständig aufhört.

Den Wasserpflanzen ähnlich verhalten sich die Landpflanzen; auch ihre Gasentwickelung ist der Luftwärme, welche sie umgiebt, proportional. Sie beginnt, wenn der Winter uns verläßt und die Frühlingswärme Knospen, Blätter und Blüthen hervortreibt, erreicht während der Sommerhitze ihr Maximum und endigt wieder im Herbste, wo das Pflanzenleben aus Mangel an Wärme aufhört. Alles dies kann nicht Wunder nehmen, wenn wir den Sauerstoff, welchen die Pflanzen aushauchen, als das Educt vielfacher ineinander greifender physiologisch-chemischer Processe betrachten, deren Sitz die Blätter und jugendlichen Theile der Pflanze sind und die ihrer Natur nach gleich jedem andern organischen Stoffwechsel durch Wärme ohne Ausnahme gefördert werden, dagegen durch Kälte erlahmen.

§. 19.

γ. Die Bestandtheile der Blätter und diese selbst.

Findet die Zerlegung der Kohlensäure nur in den grün gefärbten Blättern statt, oder können auch anders gefärbte Blätter die Zerlegung bewirken? Diese Frage wurde schon von Sennebier aufgeworfen und dahin beantwortet, daß nur die grünen Blätter diese Eigenschaft besäßen. Saussure fand dagegen, daß auch anders gefärbte Blätter die Kohlensäure zerlegen können, z. B. die rothen oder dunkelpurpurfarbigen der Gartennelke (Atriplex hortensis). Neuere Untersuchungen über diesen Gegenstand von Cloëz haben aber die Saussure'sche Behauptung nicht bestätigt, sondern sie dahin erklärt, daß anders gefärbte Blätter die Zerlegung der Kohlensäure nur in soweit bewirken können, also sie noch grüne Materie, wenn auch maskirt, enthalten.

Cloëz brachte 12 Grm. Blätter von Amar. caudat., in 2 Litr. Kohlensäure haltiges Wasser und fand, daß sie in 12 Stunden am Lichte 148 Ccm. Gas, welches in 100 Theilen aus 84,00 Sauerstoff, 1,57 Kohlensäure und 14,08 Stickstoff bestand, entwickelten; dagegen gaben 12 Grm. grüne Blätter von Amar. Aricol. 245 Ccm. Gas, welches in 100 Theilen, wie folgt, zusammengesetzt war: 85,64 Sauerstoff, 1,24 Kohlensäure und 13,12 Stickstoff.

Gegen diese Behauptung Cloëz's führt Corenwinder an, daß er stets bei vollkommen rothen, purpurrothen oder schwarzrothen Blättern die Zerlegung der Kohlensäure beobachtet habe und daß es erst zu beweisen sei, daß der darin enthaltene grüne Farbstoff allein diese Zerlegung der Kohlensäure bewerkstellige.

Saussure hat ferner noch darüber Untersuchungen angestellt, ob die Eigenschaft der Zerlegung der Kohlensäure allen Blättern in gleichem Grade zukommt? er fand nun, daß dieselbe bei den einzelnen Arten von Blättern eine verschiedene ist, daß sie nämlich im Verhältniß der Blattoberfläche, nicht aber im Verhältniß des Blattvolumens steht; somit besitzen die dünnen Blätter, sowie die getheilten, diese Eigenschaft im höchsten Grade.

§. 20.

m. Die Aushauchung der Kohlensäure während der Nacht hebt die Aufnahme derselben bei Tage nicht auf.

Aus der obigen Erklärung für die Ausscheidung der Kohlensäure in der Nacht geht schon hervor, daß durch dieselbe die Zerlegung bei Tage nicht aufgehoben werden kann, wie dies von einigen

Seiten behauptet ist; trotzdem halte ich es für nothwendig, noch einige directe Thatsachen hierfür anzuführen.

Es beweisen dies:

a. Die Analysen von der Luft bei Tage und bei Nacht, welche zeigen, daß der Gehalt der Luft an Kohlensäure bei Tage (3,38) geringer als bei Nacht (4,32) ist.

b. Mehrere direct angestellte Versuche, von denen ich nur einen von Davy gemachten anführen will.

Davy nahm von einer Wiese ein Stück Rasen von 4 Quadratfuß, legte denselben in eine Porzellanschale, welche in einem weiten Gefäße auf Wasser schwamm; über die Schale stellte er eine Glocke von der Größe, daß dadurch 230 Cubiczoll Luft über dem Rasen abgesperrt waren. Der Rasen wurde von Zeit zu Zeit befeuchtet und dem Wasser, auf welchem die Schale mit dem Rasen schwamm, öfters etwas mit Kohlensäure gesättigtes Wasser zugesetzt. Nach 8 Tagen betrug das Luft-Volumen unter der Glocke 260 Cubiczoll, war also um 30 Cubiczoll vergrößert und, wie die Analyse zeigte, um 4% sauerstoffreicher, als die atmosphärische Luft. Dies beweist hinreichend, daß in der Nacht weniger Sauerstoff aufgenommen, als bei Tage abgeschieden und daß somit die Zerlegung der Kohlensäure bei Tage durch die Aushauchung derselben während der Nacht nicht aufgehoben wird.

Aus der bisherigen Betrachtung über die Quellen des Kohlenstoffs der Pflanzen folgt auf das bestimmteste, daß der Humus den Pflanzen direct entweder gar keine oder höchstens äußerst geringe Mengen von Kohlenstoff liefern kann, daß also die Hauptquelle, ja die einzige Quelle die Kohlensäure ist.

§. 21.

n. Die Organe der Aufnahme.

Da aus der bisherigen Besprechung des Gegenstandes hervorgehen könnte, als wenn nur die Blätter im Stande wären, Kohlensäure aufzunehmen und zu zerlegen, so muß hier noch hervorgehoben werden, daß die Kohlensäure auch durch die Wurzel aus dem Boden aufgenommen werden kann; die Zerlegung derselben geschieht jedoch nur in den Blättern.

Den so wichtigen Einfluß, welchen die Kohlensäure im Boden auf das Pflanzenwachsthum ausübt, zeigen die Versuche von Stöckhardt und Peters, welche Pflanzen in hohen Glascylindern zogen und während der Vegetation derselben täglich bestimmte Quantitäten von Gasen in den Boden leiteten.

Nr. 1 erhielt kein Gas,
Nr. 2 täglich 1600 Ccm. atmosphärische Luft,
Nr. 3 „ 1200 „ „ „ und 400 Ccm. Kohlensäure,
Nr. 4 „ 800 „ „ „ „ 400 „ „
und 400 Ccm. Sauerstoff.

Die Versuche wurden mit Erbsen und Hafer angestellt und ergaben folgende Resultate:

Geerntete Pflanzenmassen in völlig trockenem Zustande:

Pflanzenmasse.	Nr. 1 Grm.	Nr. 2 Grm.	Nr. 3 Grm.	Nr. 4 Grm.
Hafer	3,90	7,65	8,49	5,11
Erbsen	1,72	2,46	3,26	3,49
Wurzeln beider	0,27	0,38	0,60	0,37
Summa	5,89	10,49	12,35	8,97
Setzt man Nr. 1 = 1, so:	1	1,8	2,1	1,5
Mineralstoffe in der ganzen Erntemasse:	0,52	0,95	1,12	1,01

§. 22.

o. Die Kohlensäure des Bodens und die Quellen derselben.

Die Wurzeln befinden sich im Boden in einer an Kohlensäure viel reicheren Atmosphäre, als die Blätter in der Luft, wie dies durch die interessanten Untersuchungen von Boussingault und Léwy dargethan ist. Die Wichtigkeit dieser Thatsache für das Pflanzenleben, werden wir später noch mehrfach hervorzuheben Gelegenheit haben.

Die Resultate der Versuche von Boussingault und Léwy über den Kohlensäuregehalt der Luft in der Ackererde sind auf der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Erdarten.	Kohlensäure in hundert Theilen eingeschlossener Luft. Nach dem Volumen.	Nach dem Gewichte.	In 1 Hectare Land eingeschlossene Luft. Cm.	Kohlensäure in der auf einem Hectare Land enthaltenen Luft Cm.
Frisch gedüngtes Land	2,21	2,33	824	18
Frisch gedüngt . . .	9,74	14,13	824	80
Karottenland	0,98	1,49	813	8
Weinberg	0,96	1,46	988	10
Wald von Görsdorff .	0,86	1,30	412	4
Lehm, Untergrund des Waldes	0,82	1,24	247	2
Sand, Untergrund des Waldes	0,24	0,38	309	1
Spargelbeet, früher gedüngt	0,79	1,22	782	6
„ frisch „	1,54	2,33	782	12
Sehr humusreiche Erde	3,64	5,43	1472	54
Runkelrübenland . .	0,87	1,31	824	7
Luzerneland	0,80	1,22	772	6
Topinamburland . .	0,68	1,01	721	5
Wiese	1,79	2,71	566	10

Zugleich mögen hier noch kurz die Ursachen des Reichthums der Luft des Bodens an Kohlensäure hervorgehoben werden. Diese sind:

a. Der Humus; dieser wird, wie obengezeigt durch den Verwesungs-Proceß zersetzt, zu dessen Producten die Kohlensäure gehört: dies ist eine für das Pflanzenleben sehr wichtige Eigenschaft des Humus.

b. Die Kohlensäure der atmosphärischen Luft; die Luft steht fortwährend mit dem Boden in Wechselwirkung und führt so dem Boden Kohlensäure zu; ferner erhält der Boden durch die atmosphärischen Niederschläge eine nicht unbeträchtliche Menge von Kohlensäure, da diese in Wasser im hohen Grade auflöslich ist — 1 Volumen luftleeres Wasser nimmt bei der gewöhnlichen Temperatur und einfachem Druck 1,06 Volumina Kohlensäure auf. — Indem also der Regen die Kohlensäure der Luft absorbirt, führt er dieselbe dem Boden und so auch den Wurzeln der Pflanze zu.

c. Die Pflanze selbst. Die Pflanzen geben durch die Wurzeln Kohlensäure an den Boden ab; es ist dies ein Proceß, welcher für den Lebensproceß der Pflanze von großer Wichtigkeit ist und auf den wir später noch specieller zurückkommen werden.

§. 23.

p. Genügt die Kohlensäure der Luft dem Kohlenstoffbedarf der Pflanzen?

Es ist dies eine wichtige Frage, welche mit andern Worten sich auch so ausdrücken läßt: braucht der Landwirth bei der Düngung auf eine Zufuhr von Kohlenstoff zum Boden besonders Rücksicht zu nehmen? Die Untersuchungen über die Quellen für die Nährstoffe der Pflanzen soll uns stets als Endzweck zur Erkenntniß über die Nothwendigkeit oder Entbehrlichkeit der Zufuhr des einen oder des andern der Pflanzennährstoffe, so weit es bis jetzt möglich ist, dienen. Die Nothwendigkeit der Zufuhr eines Nährstoffes zum Boden hängt von der Bedeutung desselben für das Pflanzenleben, welche durch den Verbrauch bestimmt wird, und dem Vorkommen desselben auf der Erde ab.

α. Verbrauch der Pflanzen an Kohlenstoff.

1. Berechnung des Kohlenstoffgehaltes der Ernten.

Was zunächst den Verbrauch von Kohlenstoff durch die Pflanzen anbetrifft, so liegen die für eine solche Rechnung nothwendigen Zahlen in reichlicher Menge vor. Die Menge von Kohlenstoff, welche die Pflanzen bedürfen, erhalten wir durch Bestimmung des in den einzelnen Pflanzen oder des in der Gesammternte von einer

bestimmten Fläche enthaltenen Kohlenstoffs. Das Kohlenstoffbedürfniß der einzelnen Pflanzenarten ist natürlich ein verschiedenes. Zur Bestimmung des Kohlenstoffbedarfes der Pflanzen benutze ich zunächst die Ernte-Resultate, welche von Boussingault von verschiedenen Pflanzen, die hintereinander auf derselben Fläche gewachsen waren, genau festgestellt sind.

Ein Morgen gut gedüngten Landes lieferte bei einer Fruchtfolge von Kartoffel, Weizen, Klee, Weizen und Stoppelrüben, Hafer folgende Ernten:

Jahr.	Name der betreffenden Pflanzen.	Erndte pro Morgen. Pfd.	Kohlenstoff derselben. Pfd.
Erstes	Kartoffel	6351	692,6
	Kraut	1464	162,2
	Summa	7815	854,8
Zweites	Weizen- Same	685	276,0
	Weizen- Stroh	1557	556,6
	Weizen- Stoppel	357	128,0
	Summa	2599	960,6
Drittes	Klee- Heu	2600	964,2
	Klee- Wurzel (lufttrocken)	1028	342,6
	Summa	3628	1316,8
Viertes	Weizen- Same	846	333,4
	Weizen- Stroh	1924	688,8
	Weizen- Stoppel	357	128,0
	Stoppelrüben	4852	156,8
	Summa	7979	1307,0
Fünftes	Hafer- Same	686	275,2
	Hafer- Stroh	918	328,0
	Hafer- Stoppel	466	166,2
	Summa	2070	779,4
Somit in 5 Jahren		24091	5208,6
und durchschnittlich im Jahre		4818	1041,7

Ferner:		Ertrag pro Morgen. Pfd.	Kohlenstoff desselben. Pfd.
Runkelrüben=	Wurzel	13266	792,8
	Blätter	5344	226,8
		18,610	1019,6
Wiesenheu *)		?	1018,0
**) Holz von Weißbuche (trocken)		1306	635,2
„ „ Tannen („)		1991	966,2

Aus diesen Angaben ergiebt sich die Menge der jährlich auf einem preußischen Morgen erzeugten Kohlenstoffmenge im Durchschnitt zu 1000 ℔. Berechnen wir hiernach den Verbrauch desselben auf der ganzen Erdoberfläche, wobei wir dieselbe wie oben zu 2 Millionen Quadratmeilen (44,444 Millionen Morgen) annehmen, so erhalten wir 44,444000 Millionen Pfund, entsprechend 162,961,000 Millionen Pfund Kohlensäure, als die Menge des sich jährlich in Pflanzenmasse verwandelnden Kohlenstoffs. Vergleichen wir hiermit die Menge Kohlenstoff, welche jährlich in Form von Kohlensäure nach der p. 56 geführten Rechnung durch den Athmungs = Proceß der Menschen und Thiere, den Verbrennungs= und Verwesungs=Proceß erzeugt wird und bedenken, daß diese Zahlen auf Zugrundelegung von Minimal=Angaben beruhen, daß, z. B. bei der Berechnung der durch Verwesung entstehenden Kohlensäure eine Zahl benutzt ist, welche dreifach kleiner als die niedrigste Angabe Corenwinder's ist, so geht hieraus hervor, daß die Kohlensäure der Luft vollkommen für den Kohlenstoffbedarf der Pflanzen ausreicht. Die Rechnung auf p. 56 hat circa 1729 Billionen Pfund Kohlensäure als die Menge ergeben, welche jährlich erzeugt wird.

Hierzu kommt zunächst noch, daß, bei der obigen Rechnung betreffend den jährlich in Pflanzenmasse übergehenden Kohlenstoff, die sämmtlichen Theile der Pflanze zu Grunde gelegt

*) Nach einer Angabe von v. Liebig.
**) Nach Angaben von Chevandier.

sind; bei der Ernte entnehmen wir aber dem Boden ja nie die ganze Pflanze, sondern nur Theile derselben: bei den Cerealien, Leguminosen und Cruciferen, Samen und Stroh, bei den Wurzelgewächsen, Wurzel und Blätter, bei den Knollengewächsen meistens nur die Knollen u. s. w., wir lassen somit dem Boden einen Theil des von der Pflanze gebundenen Kohlenstoffs.

§. 24.

2. Die Wurzelrückstände.

Die dem Boden verbleibenden Rückstände sind, wie uns schon die oben angeführten Zahlen von Boussingault zeigen, durchaus nicht unbedeutend. Boussingault fand:

	den Kohlenstoff der Ernte:	den der Ernterückstände:	Verhältniß beider:
Bei den Kartoffeln:	692,6	162,2	4,3 : 1
„ dem Weizen:	832,6	128,0	6,5 : 1
„ dem Klee:	964,2	342,6	2,8 : 1
„ dem Hafer:	603,2	166,2	3,6 : 1
„ den Runkelrüben	792,8	226,8	3,5 : 1

Nach von John ausgeführten Bestimmungen verbleiben von 100 Kilogramm trockener Ernte der nachfolgenden in der Blüthe geernteten Pflanzen dem Boden an Ernterückständen:

beim Roggen	41,0	Kilogr.
„ Gerste	45,3	„
„ Wickhafer	50,3	„
„ Hafer	70,3	„
„ Kleegras	114,0	„

Bei Rübsen und Hafer wurde das Verhältniß der Ueberstoppel zu den Rückständen bei der Reife bestimmt und hier für einen Hectare folgende Zahlen gefunden:

	Ueberstoppel:	Ernterückstand:	Summa:
Rübsen	4746 Kilogr.	1452 Kilogr.	6197 Kilogr.
Hafer	4788 „	1658 „	6448 „

Interessant ist bei beiden Pflanzen ferner das Verhältniß zwischen groben und feinen Wurzeln; John fand dies bei Rübsen = 482:215 und bei Hafer = 308:650.

John bestimmte dann die ganze Erntemasse in verschiedener Vegetations-Periode und erhielt bei Roggen und Hafer folgendes:

	Roggen: am 22. Mai. (in Aehren tretend)	Roggen: 9. Juni. (abgeblüht)	Hafer: 18. Juli. (abgeblüht)	Hafer: 1. September. (gelbreif)
pro Hectare	5402 Kilogr.	7568 Kilogr.	5121 Kilogr.	6446 Kilogr.
hierin an Wurzeln	1471 „	1106 „	1135 „	958 „
und an Stoppeln	1036 „	1100 „	1980 „	700 „

Weiter bestimmte John die Wurzel in verschiedener Tiefe bei derselben Vegetations-Periode bei einigen Pflanzen. Er erhielt auf dem Heatcre bei:

	Meter		Kilogr.	
Klee in der I. Tiefe	(0,07 — 0,09)	grobe Wurzeln	2455	trockene Masse:
		feine „	1315	„ „
		Summa	3710	„ „
„ in der II. Tiefe	(0,16 — 0,18)	Wurzeln:	338	„ „
„ in der III. Tiefe	(0,27 — 0,29)	„	196	„ „
„ in der IV. Tiefe	(0,37 — 0,39)	„	78	„ „

dagegen bei Hafer:

I. Tiefe (0,13 Meter)	grobe Wurzeln	308	Kilogr.
	feine „	650	„
	Summa	958	„
II. Tiefe		180	„

hierbei ist noch zu erwähnen, daß Klee unter dem Hafer stand und so dessen Wurzeln hierbei noch mit einbegriffen sind; man sieht also, daß der Hafer seine Wurzel nicht tief schickt.

Ferner ist noch von W. Schuhmacher eine Bestimmung der Ernterückstände verschiedener Pflanzen gemacht, wobei folgende Resultate für den preuß. Morgen erhalten wurden:

bei Weizen	300	Pfd. Ernterückstände (Wurzeln u. Stoppeln)
„ Roggen	350	„ „ „ „ „
„ Gerste	260	„ „ „ „ „
„ Hafer	500	„ „ „ „ „
„ Erbsen	400	„ „ „ „ „
„ Wicken	350	„ „ „ „ „
„ Linsen	350	„ „ „ „ „
„ Pferdebohnen	460	„ „ „ „ „
„ Winterraps	620	„ „ „ „ „
„ Winterrübsen	620	„ „ „ „ „
„ Sommerraps	450	„ „ „ „ „
„ Sommerrübsen	450	„ „ „ „ „
„ Awehl	450	„ „ „ „ „
„ Mais	700	„ „ „ „ „
„ Kartoffeln (Wurzeln und Rhizome.)	100	„ „ „ „ „
„ Futterroggen (bei 75 Ctr.)	400	„ „ „ „ „
„ Futterhafer (bei 75 Ctr.)	600	„ „ „ „ „

Diese Angaben über die Ernterückstände sind sehr interessant und es ist nur zu bedauern, daß bis jetzt nicht mehr derselben vorliegen. Wir haben in ihnen so manches Charakteristische für die einzelnen Pflanzenfamilien, weshalb es gewiß wünschenswerth ist, daß bald mehrere derartige Bestimmungen, begleitet von den nothwendigen chemischen Analysen, ausgeführt werden möchten.

§. 25.

Obgleich die obige Rechnung genügend gezeigt hat, daß die Kohlensäure der Luft durchaus ausreichend für das Kohlenstoffbedürfniß der Pflanzen ist, so erinnere ich hier doch noch an jene Versuche, bei welchen auf einem an organischen Stoffen freien Bo-

den (wenigstens zu Anfang des Versuchs) Pflanzen von der vollkommensten Ausbildung erzeugt wurden, welche in Betreff ihres Kohlenstoffbedarfs also allein auf die Kohlensäure der atmosphärischen Luft angewiesen waren.

Wenn nun auch aus allem diesem mit Bestimmtheit hervorgeht, daß von der Natur selbst auf das reichlichste für das Kohlenstoffbedürfniß der Pflanzen gesorgt worden ist und somit der Schluß, daß der Landwirth in dieser Hinsicht nichts zu thun hat, ein durchaus richtiger ist, so ist hier doch noch Folgendes zu bedenken.

§. 26.

β. Der Humus als Nährstoffquelle der Pflanzen.

Wir wissen, daß die eine Pflanze einen humusreicheren Standort als die andere liebt, wir wissen, daß der Landwirth einen humusreichen Boden einem humusarmen vorzieht und dies mit großem Rechte; vor allem sehen wir den Gärtner großes Gewicht auf den Humusreichthum des Bodens bei den einzelnen Pflanzen legen. Der Gärtner weiß z. B., daß Sellerie, Blumenkohl, Kohlrübe u. s. w. vor allem in einem humusreichen Boden gedeihen, während dagegen die teltower Rübe, Kartoffel u. s. w. in einem humusarmen Boden weit besser fortkommen. Es sind dies Thatsachen, welche uns die Praxis an die Hand giebt, Thatsachen, welche wohl erwogen und in keiner Weise unbeachtet gelassen werden dürfen.

Daß der Humus als solcher den Pflanzen nicht zur Ernährung dient, oder wenigstens, daß seine directe Ernährungsfähigkeit eine sehr geringe ist, haben wir früher gezeigt. Zugleich ist da aber auch auf die so wichtigen, indirect günstigen Wirkungen des Humus aufmerksam gemacht worden, welche derselbe auf den Boden ausübt und so für die Pflanzen besitzt. Von diesen Eigenschaften ist diejenige, den Boden mit Kohlensäure zu bereichern, gewiß nicht die unwesentlichste. Die Pflanze nimmt die Kohlensäure, wie wir gesehen haben, durch die Blätter und Wurzeln auf; die eine Pflanze vermag nun wegen ihres Blattbaues durch die Blätter weniger Kohlensäure als die andere aufzunehmen, ist also auch mehr als die andere darauf angewiesen, Kohlensäure durch die Wurzeln zu erhalten. Der Humus ist aber die Hauptquelle für die Kohlensäure des Bodens.

Es geht schon hieraus hervor, daß wir gegen die Bereicherung unseres Bodens an Humus nicht gleichgiltig sein dürfen, ganz abgesehen von den übrigen günstigen Wirkungen desselben. Wir haben

ferner schon hierin einen Beweis für die Nothwendigkeit einer richtigen Fruchtfolge. Die eine Pflanze läßt dem Boden mehr Ernterückstände als die andere, also mehr humusbildende Stoffe, so z. B. bleiben bei den Wurzelgewächsen, wenn wir Wurzel und Blätter dem Boden entziehen, nur äußerst geringe Rückstände; wir werden daher durch den fortgesetzten Anbau von Wurzelgewächsen ohne Zufuhr von humusbildenden Stoffen einen Boden allmählig an Humus ärmer machen.

Dies allein schon spricht für die Nothwendigkeit der Anwendung des Stalldungs und zeigt, daß derselbe durchaus nicht durch die in ihm enthaltenen Mineralstoffe und den Stickstoff ersetzt werden kann. Bringen wir aber den Stalldung in richtiger Weise und in der gehörigen Menge zum Boden und haben wir eine gute Fruchtfolge, so wird unser Boden nie ärmer, sondern stets reicher an Humus werden; denn der Boden erhält so bei weitem den größten Theil der in ihm erzeugten Pflanzenmasse zurück.

---

§. 27.

Kurze Wiederholung.

1. Der Humus, das Zersetzungs-Product der organischen Körper, vor allem der Vegetabilien, kann die Pflanzen nicht mit dem ihnen nothwendigen Kohlenstoff versehen.

2. Es ist bis jetzt noch nicht entschieden, ob die Pflanzen geringe Mengen Humus aufzunehmen im Stande sind; man kann dies jedoch als wahrscheinlich hinstellen.

3. Die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft ist in Betreff des Sauerstoff- und Stickstoff-Gehaltes eine constante; der Gehalt derselben an Kohlensäure schwankt zwischen nicht allzu weiten Grenzen.

4. Der Verbrauch von Sauerstoff und die Erzeugung von Kohlensäure durch den Athmungs-Proceß der Menschen und Thiere, durch den Verbrennungs- und Verwesungs-Proceß, ist ein außerordentlich bedeutender.

5. Die Pflanze ist die Regulatorin der atmosphärischen Luft; sie nimmt die Kohlensäure auf, assimilirt den Kohlenstoff und giebt einen Theil des Sauerstoffs mit geringen Mengen von Kohlenwasserstoffen und Stickstoff an dieselbe ab.

6. Die Zerlegung der Kohlensäure findet nur am Tage durch Vermittelung des Sonnenlichts statt; in der Nacht wird dagegen von den Pflanzen Kohlensäure ausgeschieden, welche zum Theil durch Oxydation von Kohlenstoff aus der Substanz der Pflanze erzeugt ist, zum Theil von der aufgenommenen herrührt.

7. Die Kohlensäure wird von den Wurzeln und Blättern aufgenommen, jedoch nur in den Blättern und jungen Theilen der Pflanze und zwar in den grünen Theilen derselben zerlegt.

8. Die Ausscheidung der Kohlensäure in der Nacht hebt die Aufnahme derselben bei Tage bei weitem nicht auf: es wird bei Tage viel mehr Kohlensäure aufgenommen und zerlegt, als in der Nacht ausgeschieden.

9. Die Luft des Bodens ist viel reicher an Kohlensäure, als die atmosphärische Luft; Quellen für die Kohlensäure derselben sind der Humus, die Luft und die Pflanze selbst.

10. Die Kohlensäure der atmosphärischen Luft reicht vollkommen hin, um die Pflanzen mit dem ihnen nothwendigen Kohlenstoff zu versehen; dennoch aber dürfen wir gegen eine Bereicherung des Bodens an Humus nicht gleichgiltig sein.

Kapitel II.

Der Stickstoff.

§. 28.

Betrachten wir die Formen und Verbindungen, in denen der Stickstoff auf der Erde vorkommt, so werden wir zu dem Schlusse geführt, daß der Stickstoff der Pflanzen entweder von dem freien Stickstoff der atmosphärischen Luft, von der Salpetersäure, oder vom Ammoniac stammen muß, denn diese 3 Formen sind allein allgemein auf der Erde verbreitet und der Stickstoff der Pflanzen kann nur aus solchen Quellen herrühren, welche allen Pflanzen zugänglich sind.

1. Stammt der Stickstoff der Pflanzen aus dem ungebundenen Stickstoff der atmosphärischen Luft?

§. 29.

Diese Frage ist von ganz außerordentlicher Wichtigkeit, denn wird sie dahin entschieden, daß die Pflanzen den Stickstoff der atmosphärischen Luft assimiliren können, so braucht der Landwirth den Pflanzen durch den Dünger keinen Stickstoff zuzuführen, da ja in dem Falle die atmosphärische Luft eine überaus reichliche Quelle darbieten würde. Gemäß der Wichtigkeit der Frage sind auch vielfache, sehr genaue und ausführliche Untersuchungen zur richtigen Beantwortung derselben angestellt worden.

a. Geschichtliche Entwickelung der Frage.

Zuerst machte Priestley im Jahre 1771 darauf aufmerksam, daß gewisse Pflanzen den Stickstoff der atmosphärischen Luft zu assimiliren vermöchten, da er gefunden hatte, daß Pflanzen von Epilobium hirsutum (Weiderich) unter einem Recipienten von 10'' Höhe und 1'' Weite innerhalb eines Monats $^7/_8$ der darin enthaltenen Luft absorbirt hätten. — Auch Ingenhouß sprach sich 1779 dahin aus, daß alle Pflanzen, welche im Stickstoffgase vegetiren, in wenigen Stunden merkliche Mengen desselben aufnehmen. — Darauf stellte Saussure, im Jahre 1804, Versuche über diesen Gegenstand an und fand, daß niemals irgend eine Verminderung des Stickstoffgases stattfand, im Gegentheil beobachtete er eine Ausscheidung von Stickstoff. Er kam daher durch seine Versuche zu dem Schlusse, daß der Stickstoff der Pflanzen aus dem Boden stamme und zwar aus den im Boden vorhandenen thierischen und pflanzlichen Resten, oder auch in Form von Ammoniac in der Luft existirt habe und durch Regen zur Ackererde geführt sei: die Gegenwart des Ammoniac in der Luft wies Saussure zuerst nach. — Die Beobachtungen Saussure's bestätigten Woodhause und Sennebier. — Diese Versuche wurden in den letzten Jahren des vorigen und den ersten dieses Jahrhunderts angestellt. Jetzt verging eine Reihe von Jahren, bevor diese Frage wieder zum Gegenstande von Untersuchungen gemacht wurde. Der erste, welcher diese Untersuchungen wieder aufnahm, war Boussingault, der seine ersten Versuche im Jahre 1838 anstellte und dann in den folgenden Jahren weitere sehr zahlreiche, sorgfältige und ausführliche Versuche unternahm. Eine Wiederaufnahme der Untersuchungen über eine so wichtige Frage war durchaus nothwendig, da zum Theil die alten Versuche, wenn auch mit großer Sorgfalt (wie die Saussure'schen), so doch nur mit den Hülfsmitteln der damaligen Zeit, gemacht waren, und deshalb eine sichere Entscheidung gerade bei dieser Frage nicht geben konnten. — Nach Boussingault sind dann weitere Versuche von Ville, Harting, Mène, Petzholdt, Lawes, Gilbert und Pugh und Bretschneider angestellt worden, deren Resultate wir im Folgenden kennen lernen werden.

§. 30.

b. Die Arbeiten Boussingault's.

Boussingault, bekannt mit den Schwierigkeiten, zugleich aber auch mit den Fehlerquellen der Versuche seiner Vorgänger, besonders der Saussure'schen, auf welche ja am meisten Gewicht gelegt werden mußte, wandte eine andere, einfache, aber zur Entscheidung der Frage sehr sichere Methode an. Während die früheren Forscher auf eudiometrischem Wege die Frage zu lösen suchten, verglich Boussingault einfach den Stickstoffgehalt der Samen mit dem der Ernte, welche er in einem von Stickstoff vollständig freien Boden erhalten hatte, und schloß aus einem größeren oder gerin=

geren Gehalte dieser gegen jene, auf Aufnahme, oder Nichtaufnahme von Stickstoff aus der Luft.

Bei seinen ersten Versuchen mit Klee, Erbsen und Weizen enthielten die beiden ersten mehr Stickstoff in der Ernte, als im Samen, bei letzterem zeigte sich einmal ein geringer Verlust, ein anderes Mal eine solche Zunahme.

Aus diesen Versuchen folgt also für die Leguminosen, daß diese Stickstoff aus der Luft aufnehmen können, während sie für die Cerealien keinen sicheren Schluß zulassen. Ob aber der aufgenommene Stickstoff aus dem ungebundenen oder dem gebundenen Stickstoff (Ammoniac, Salpetersäure) der atmospärischen Luft stammt, lassen diese Versuche noch unentschieden.

Deshalb stellte Boussingault im Jahre 1851 und den folgenden Jahren neue Versuche zur Entscheidung dieser Frage an.

Bei diesen Versuchen befanden sich die Pflanzen in einer Atmosphäre, welche vorher von allem gebundenen Stickstoff (Ammoniac, Salpetersäure) befreiet war. Das Princip der Methode war, wie schon angegeben, die Bestimmung des während der Vegetation aufgenommenen Stickstoffs durch Vergleichung des Stickstoffs der Samen mit dem der Ernte, deshalb war die genaueste Stickstoffbestimmung sowohl für den Stickstoff der Samen als dem der Ernte nothwendig. Zur Stickstoffbestimmung der Samen suchte Boussingault eine Reihe von Samen von derselben Ernte aus, bestimmte durch Gewicht dieselbe Größe einer Anzahl und von diesen verwandte er einen Theil zur Analyse, welche mit größter Sorgfalt und nach den besten Methoden ausgeführt wurde, und die andern zur Aussaat.

Bei der Ernte ferner wurde die Pflanze, resp. Pflanzen, der Boden und der Topf der Stickstoff-Analyse unterworfen und zwar stets die ganze Ernte und wenigstens $1/_3$ der Erde und des Topfes. Auf diese Weise geschah alles, um die Resultate zu durchaus sicheren zu machen. Boussingault folgert nun aus seinen in den Jahren 1851, 1852 und 1853 gemachten Versuchen, welche mit Bohnen, Lupinen, Hafer und Kresse angestellt waren, und bei welchen bei 11 Fällen der Stickstoff der Ernte weniger und nur bei dreien mehr als der der Samen betrug, daß die Pflanzen das Vermögen, den atmosphärischen Stickstoff zu assimiliren, nicht besitzen.

Der Apparat, dessen sich Boussingault zu diesen Versuchen bediente, bestand aus einer Glasglocke von 35 Litr. Inhalt, welche auf 3 Porzellan-Würfeln in eine Glasschale gestellt war. In der Mitte dieser Schale stand, auf einer Unterlage, welche durch ein umgekehrtes Glas gebildet wurde, ein

Krystallgefäß, in welchem vermittelst Aussaugung Wasser unterhalten wurde, und in dem sich der Topf mit der Pflanze befand. In der großen Schale war mit Schwefelsäure stark angesäuertes Wasser, um die Luft, welche nach dem Wechsel der Temperatur und des Luftdrucks und dann durch die in Folge der sauren Flüssigkeit stattfindenden Diffusion, in den Apparat dringt, von allem Ammoniac zu befreien. Um in dem Krystallgefäß Wasser zu unterhalten, war ein 2fach gebogenes Rohr angebracht, welches unter der Glasglocke durchging und bis zu diesem Gefäße reichte; dies war natürlich von allem gebundenen Stickstoff befreit. Ferner wurde durch ein anderes 2fach gebogenes Rohr, das ebenfalls unter der Glasglocke hindurchführte, Kohlensäure in den Apparat gebracht, damit die Pflanzen keinen Mangel hieran litten; die Kohlensäure war natürlich ebenfalls auf das sorgfältigste gereinigt; die Menge derselben im Apparat betrug zwischen 1 und 8 %. In dem Topfe, in welchem die Samen zum Keimen gebracht wurden, befand sich fein gepulverter Bimstein, der zuvor gewaschen und in demselben Topfe geglüht worden war; nach dem Glühen ließ man Topf und Erde unter einer Glocke erkalten, um so ein Anziehen von Ammoniac zu verhüten. Nach dem Erkalten wurde die Erde mit ammoniacfreiem Wasser befeuchtet und mit Düngerasche, welche alle nothwendigen unorganischen Stoffe enthielt, versetzt. In diese so vorbereitete Erde wurde dann der Same gesäet. Der Apparat stand fest auf einer in dem Boden des Gartens in der Nähe einer mit Wein bepflanzten Mauer eingegrabenen Steinplatte und war hier mittelst hölzerner Querlatten befestigt. Zum Schutz gegen sehr warme Sonnenstrahlen diente ein Schirm von Baumwolle.

Um den Verlauf der Entwickelung der Pflanzen bei diesen Versuchen zu zeigen, gebe ich in aller Kürze die Beschreibung eines derselben. Am 10. Mai 1852 wurde eine Bohne 0,53 Grm. schwer mit einem Stickstoffgehalte von 0,021 Grm. in die Erde gebracht, welche als Dünger Düngerasche und die Asche einer Bohne erhalten hatte. Am 6. Juni steht die Pflanze üppig, am 12. ist die Vegetation schön, obgleich die Blätter etwas kleiner und blasser als die von im Freien gewachsenen Bohnen; am 28. Juni ist der Stengel kräftig und die Pflanze hat außer den sehr stark entwickelten Samenblättern noch 6 normale Blätter. Am 11. Juli sind 12 wohlgestaltete, aber etwas blasse Blätter vorhanden; am 21. Juli hat die Bohne 22 Blätter und am 6. Aug., wo der Versuch beendet, noch 15, während 7 schon abgefallen waren.

Die Analyse ergab nun:

Stickstoff in der geernteten Pflanze	0,0176	Grm.,
„ im Bimstein	0,0003	„
„ „ Gefäße	0,0010	„
also der Stickstoff der Ernte	0,0189	Grm.,
der Stickstoff des Samens .	0,0210	„
somit ist ein Verlust von	0,0021	Grm.

während der Vegetation eingetreten. Die folgende Tabelle zeigt die Resultate der anderen Versuche.

Name der Samen.	Dauer des Versuchs.	Gewicht der Aussaat.	Gewicht der Ernte.	Stickstoff der Aussaat.	Stickstoff der Ernte.	Gewinn oder Verlust während der Vegetation.
Zwergbohne	2 Monate	0,780	1,870	0,0349	0,0340	— 0,0009
Hafer	2 „	0,377	0,540	0,0078	0,0067	— 0,0011
Flageoletbohne	3 „	0,618	1,130	0,0245	0,0226	— 0,0019
Hafer	2½ „	0,139	0,44	0,0031	0,0030	— 0,0001
Weiße Lupine	6 Wochen	0,825	1,82	0,0480	0,0483	+ 0,0003
„ „	2 Monate	2,202	6,73	0,1282	0,1246	— 0,0036
„ „	7 Wochen	0,600	1,95	0 0349	0,0339	— 0,0010
„ „	6 „	0,343	1,05	0,0200	0,0204	+ 0,0004
„ „	6 „	0,686	1,53	0,0399	0,0397	— 0,0002
Zwergbohne	2 Monate	0,792	2,35	0,354	0,0360	+ 0,0006
„	2½ „	0,665	2,80	0,0298	0,0277	— 0,0021
Gartenkresse*)	3½ „	0,008	0,65	0,0013	0,0013	± 0,0000
Weiße Lupine**)	5 „	0,627	5,76	0,1827	0,1697	— 0,0130

Diese Versuche Boussingault's, welche so äußerst sorgfältig angestellt und ausgeführt worden sind, würden allein für die Frage entscheidend sein. wenn nicht außerdem andere Versuche vorlägen, welche gerade das entgegengesetzte Resultat geliefert haben. Diese Versuche wurden von Ville ausgeführt.

§. 31.

c. Die Arbeiten von Ville.

Ville machte seine ersten Versuche im Jahre 1849, dann weitere in den Jahren 1850, 1851 und 1852. Bei den 1851 und 1852 angestellten Versuchen befanden sich die Pflanzen in einem Glaskasten, der täglich vermittelst eines Aspirators mit frischer Luft versehen wurde, welche, bevor sie in den Apparat trat, durch Gefäße passirte, welche mit mit Schwefelsäure getränktem Bimstein und ferner mit einer Lösung von 2fach kohlensaurem Natron gefüllt waren; erstere befreiete sie vom Ammoniac, letztere von der Salpetersäure. Im Jahre 1851, wo er mit 3 Sonnenblumen und 2 Tabackspflanzen operirte, erhielt er in der Ernte einen Gewinn von 0,481 Grm. Stickstoff, im Jahre 1852, bei Versuchen mit Weizen eine Stickstoffzunahme von 0,036 Grm.

Diese Versuche führten Ville zu dem Schlusse, daß die Pflanzen die Fähigkeiten besitzen, den ungebundenen Stickstoff der

*) 10 Samen, 0,026 Grm. schwer, als Dünger angewendet.

**) 8 Samen, 2,512 Grm. schwer, als Dünger angewendet.

atmosphärischen Luft zu assimiliren. Jetzt legte Ville seine Arbeiten der pariser Akademie vor und diese ernannte eine Commission, bestehend aus Dumas, Regnault, Deraisne, Péligot und Chevreuil, welche neue von Ville anzustellende Versuche controliren sollten.

Diese Versuche wurden folgendermaßen ausgeführt: Der Apparat bestand aus einem Glaskasten von 150 Litr.; dieser communicirte einerseits mit einem Aspirator von 500 Litr., andererseits mit der atmosphärischen Luft und einem Reservoir mit Kohlensäure. Die Luft passirte, bevor sie in den Apparat gelangte, 2 Flaschen mit concentrirter Schwefelsäure und 2 Flaschen mit Soda, um so von jeglichem gebundenen Stickstoff befreiet zu werden. Die Luft im Apparate hatte auf 98 Theile 2 Th. Kohlensäure. In diesen Apparat kamen 3 Töpfe aus gebranntem Thon, deren Boden mit gebrannten, porösen Thonstücken ausgelegt war und deren Füllung aus Sand bestand. Im Apparat erneuerte sich die Luft binnen 80 Stunden 8mal, somit kamen täglich 360 Litr. Luft mit den Pflanzen in Berührung. In diese Töpfe wurden am 4. Aug. Kressesamen gesäet und dem Sande Asche von Kressesamen zugefügt. Das Wasser, welches zum Begießen diente, wurde vor und nach dem Versuche auf Ammoniac untersucht.

Als die 3 Töpfe 3 Wochen im Apparat gewesen waren, wurde zwischen dem Glaskasten und dem Aspirator noch eine 25 Litr. fassende Glasglocke angebracht, durch welche die aus dem Glaskasten tretende Luft passiren mußte. Diese Glocke erhielt das nöthige Wasser durch eine außerhalb der Glocke angebrachte Flasche von $1\frac{1}{2}$ Litr. In diese Glocke wurde am 30. Aug. ein 4. Topf, der ähnlich, wie die 3 ersten, präparirt war, gebracht. Der ganze Versuch dauerte bis zum 12. Octbr. und ergab die auf der folgenden Tabelle zusammengestellten Resultate. (F. S.)

Wie oben angeführt, war Ville durch seine früheren Versuche zu der Ansicht gelangt, daß die Pflanzen die Fähigkeiten besäßen, den Stickstoff der Luft als solchen zu assimiliren. Die Commission, welche den oben beschriebenen Versuch controlirt hatte, that nach den gewonnenen Resultaten den Ausspruch, daß der im Garten Muséum d'Histoire naturelle von Ville angestellte Versuch zu demselben Schluß führe, wie die früheren desselben. Wir haben somit jetzt zwei sich ganz entgegengesetzt stehende Versuchsresultate. Welche geben auf die gestellte Frage die richtige Antwort?

§. 32.

d. Vergleichung der Arbeiten von Boussingault und Ville.

Der Hauptunterschied zwischen den Boussingault'schen und Ville'schen Versuchen ist der, daß Ville die Luft in seinem Apparate täglich mehrere Male erneuerte, während dies bei Boussingault nicht geschah. Ville sagt nun, daß die Boussingault'schen Versuche gerade dieses Grundes wegen für die Frage

Füllung der Töpfe.	Zahl der ausgesäeten Kressesamen.	Gewicht derselben.	Stickstoff derselben.	Gewicht der wasserfreien Ernte.	Stickstoff in derselben.	Gewinn oder Verlust an Stickstoff.	Bemerkungen.
1. 200 Grm. Sand und 6 Grm. Pflanzenasche	158	0,319	0,0099	2,242	0,0097	— 0,0002	Vegetation äußerst kümmerlich, Höhe der Pflanzen 4 Ctm.
2. 500 Grm. Sand und 2 Grm. Planzenasche	60	0,124	0,0038	6,020	0,0530	+ 0,0492	Auffallend schöner als bei 1, die Pflanzen gelangen zur Blüthe.
3. 500 Grm. Sand und 2 Grm. Pflanzenasche	60	0,127	0,0039	1,506	0,0110	+ 0,0071	Vegetation besser als bei 1, aber schlechter als bei 2.
4. 700 Grm. Sand und 2 Grm. Pflanzenasche	100	0,206	0,0063	3,599	0,0350	+ 0,0287	Die Pflanzen gelangen zur Blüthe.

nicht entscheidend sein könnten, denn in einer stagnirenden Luft, wie sie in dem Boussingault'schen Apparate vorhanden gewesen sei, befänden sich die Pflanzen in unnatürlichen Verhältnissen und könnten sich deshalb auch nur kümmerlich und schlecht entwickeln. Die Beschreibung, welche Boussingault von der Entwickelung der Pflanzen bei seinen Versuchen giebt und von der ich die eines Versuches mitgetheilt habe, zeigt aber durchaus keine so sehr kümmerliche und schlechte Vegetation wie sie von Ville behauptet wird. Welcher von den beiden eingeschlagenen Wegen ist denn der richtige? sicherlich der, bei dem alle gestellten Bedingungen erfüllt werden, bei dem also vor Allem den Pflanzen außer dem im Samen befindlichen Stickstoff kein anderer in gebundener Form zugeführt wird. Diese Bedingung wird aber bei den Ville'schen Versuchen durchaus nicht erfüllt. Den Beweis hierfür liefert außer manchem Andern die auffallende Thatsache, daß das Begießungswasser, von dem allmälig 60 Litr. in den Apparat gekommen waren, nach dem Versuch an Ammoniac reicher war, als zu Beginn desselben. Nach den Analysen von Cloëz, welcher Ville bei den Versuchen assistirte, und Péligot, enthielt das Wasser im Liter

	vor dem Versuche —	nach dem Versuche
1.	0,00066 Grm.,	0,00130 Grm.,
2.	0,000087 „	0,00052 „
Mittel	0,000373 Grm.,	0,00091 Grm.,
		0,000373 „
	somit also mehr	0,000537 Grm.,

also die 60 Litr. 0,0322 Grm. Ammoniac mehr.

Es muß somit im Apparat eine Bedingung für eine Ammoniacbildung vorhanden gewesen sein. Cloëz forschte daher sogleich weiter nach, ob unter Umständen, ähnlich denen wie sie im Apparat vorhanden waren, Stickstoff gebunden werden könnte und er fand, daß dies der Fall sei. Wenn man deshalb von allen andern Umständen absieht, so genügt dieser allein, um den Ville'schen Resultaten kein Zutrauen zu schenken und sich bei der Frage an die von Boussingault durch seine Versuche erhaltene Antwort, daß die Pflanzen den freien Stickstoff der Luft nicht assimiliren können, zu halten. Noch mehr unterstützt und berechtigt zu diesem Schlusse werden wir durch die von andern Forschern über diesen Gegenstand angestellten Versuche, welche alle zu dem Resultate wie die Boussingault'schen führen.

Erwähnt muß hier aber zugleich werden, daß Ville noch bis heute seine Ansicht in Bezug auf die Stickstoffquelle der Pflanze

in ihrer ganzen Ausdehnung aufrecht erhält, wie er dies noch in einer Abhandlung in den Comptes rend. vom Jahre 1863 ausspricht. Ville hat deshalb auch fortwährend weitere Versuche in dieser Richtung gemacht und betont jetzt vor Allem, daß das Vermögen, den Stickstoff der Luft zu assimiliren, kräftig entwickelten Pflanzen zukommt, was er dadurch beweist, daß Pflanzen, denen außer dem Stickstoff im Samen noch Stickstoff im Dünger in Form von Ammoniac oder salpetersauren Salzen gegeben war, oft nicht unbeträchtlich mehr Stickstoff bei der Ernte enthielten, als im Samen und Dünger enthalten gewesen war. Auf diese Versuche werde ich später Gelegenheit haben zurückzukommen, weshalb ich hier nur die Resultate derselben anführe.

§. 33.

e. Die Arbeiten von Mène, Harting und Gunning, Lawes, Gilbert und Pugh, ferner die von Roy, Petzholdt und Bretschneider.

Die anderen zur Entscheidung der Frage angestellten Versuche werde ich nur kurz anführen, da die Methode, welche bei denselben angewendet, ähnlich den vorher beschriebenen war. Mène stellte seine Versuche mit Weizen, Erbsen, Bohnen, Hafer u. s. w. an, und schließt aus denselben, bei welchen er auch zum Theil noch stickstoffhaltigen Dünger zum Boden brachte, daß die Pflanzen sich den freien Stickstoff nicht aneignen können. Ferner hat Harting im Verein mit Gunning Versuche über die Stickstoffquelle der Pflanzen angestellt, welche ebenfalls der pariser Academie vorgelegt wurden und aus denen er folgert, daß bis jetzt nichts beweise, daß der freie Stickstoff assimilirt werde. — Die ausführlichsten Versuche nächst denen von Boussingault und Ville sind dann von Lawes, Gilbert und Pugh in den Jahren 1857 und 1858 gemacht worden. Diese Forscher ließen die Samen, deren Stickstoff genau bestimmt war, theilweise in einem an Stickstoff freien Boden in einer von Ammoniac und Salpetersäure befreieten Atmosphäre, theilweise dagegen in einem Boden, dem noch im Dünger außer den nothwendigen Aschenbestandtheilen, die bei allen Versuchen gegeben wurden, gebundener Stickstoff in Form von schwefelsaurem Ammoniac zugesetzt war, keimen und wachsen, wobei sowohl die Boussingault'sche, als auch die Ville'sche Methode angewendet wurde. Aus allen ihren Versuchen, von denen 19 mit Gramineen, 6 mit Leguminosen und einige mit Buchweizen angestellt waren, schließen Lawes und seine Mitarbeiter, daß die Re-

sultate in keinem Falle, so verschieden auch das Wachsthum der Pflanzen in den einzelnen Fällen und so verschieden die Zugabe von gebundenem Stickstoff der Art waren, daß sie zu dem Schlusse berechtigten, die Pflanzen hätten freien Stickstoff assimilirt. — Schließlich führe ich noch an, daß von Roy, Petzholdt und Bretschneider Versuche zur Beantwortung der Frage angestellt sind; letztere, der seine Versuche noch fortsetzt, hat aus den bis jetzt veröffentlichten Resultaten derselben selbst noch keinen Schluß gezogen.

f. Folgerung aus diesen Arbeiten.

Aus allen diesen Arbeiten, welche zur Entscheidung der Frage, ob der freie Stickstoff der atmosphärischen Luft direct eine Stickstoffquelle für die Pflanzen ist, angestellt sind, können wir mit Sicherheit den Schluß ziehen, daß der freie Stickstoff von den Pflanzen nicht assimilirt werden kann.

2. Rührt der Stickstoff der Pflanzen theilweise oder ganz von der Salpetersäure her?

§. 34.

Bevor wir zur Beantwortung dieser Frage übergehen, müssen wir uns vorher mit dem Vorkommen und der Entstehungsweise der Salpetersäure bekannt machen. Würde diese Untersuchung darthun, daß das Vorkommen der Salpetersäure kein allgemeines oder ein sehr beschränktes sei, so wäre für die Beantwortung der Frage, welche dann mehr negativ ausfiele, schon viel gewonnen. Fallen dagegen die Resultate der Untersuchung dahin aus, daß sie zeigen, die Salpetersäure ist ganz allgemein verbreitet und ihr Vorkommen ist kein beschränktes, so werden wir hierin einen sichern Maßstab für die Wichtigkeit derselben für das Pflanzenleben haben.

§. 35.

a. Entstehungsweise der Salpetersäure.

Was zunächst die Entstehungsweise der Salpetersäure anbetrifft, so ist diese eine verschiedene; sie bildet sich nämlich:

1. Bei der Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Körper in Gegenwart von starken Basen. Auf dieser Entstehungsweise der Salpetersäure beruht ihre Bildung in

den sog. Salpeterplantagen. Dies ist ferner einer der Gründe für die Bildung derselben im Boden und im thierischen Dünger, in dem sie stets, wie ich mich durch vielfache Versuche überzeugt habe, vorhanden ist.

2. Verbindet sich das Ozon direct mit dem Stickstoff zu Salpetersäure. Das Ozon, auch ozonisirter oder activer Sauerstoff genannt, wurde in den vierziger Jahren von Schönbein entdeckt und dann von ihm, so wie von de la Rive, Marignac, Pless, Pierre, Zenger, Becquerel, Frémy u. A. in seinen Eigenschaften weiter studirt. Von den Mitteln, durch welche das Ozon erzeugt werden kann, ist als eins der ersten die Electricität zu nennen. Bei einer in Thätigkeit befindlichen Electrisirmaschine bemerkt man einen eigenthümlichen Geruch, der vom Ozon herrührt. Da nun der Blitz der stärkste electrische Funke ist, den wir haben, so wird auch durch ihn stets Ozon erzeugt werden. Die Entdeckung von Cavendish, daß, wenn der electrische Funke durch ein feuchtes Gemisch von Sauerstoff und Stickstoff, oder Sauerstoff und Ammoniac hindurchschlage, Salpetersäure erzeugt werde, ist durch die Entdeckung Schönbein's auf seine wahre Ursache, nämlich Bildung von Ozon, welches die Eigenschaft sich mit dem Stickstoff zu Salpetersäure zu verbinden, im hohen Grade besitzt, zurückgeführt. Außer dieser einen Entstehungsweise des Ozons in der Natur, welche uns hier ja nur interessiren kann, ist von de Luca noch angegeben worden, daß ein Theil des von den Pflanzen ausgeathmeten Sauerstoffs ebenfalls ozonisirt sei. Wenn auch manches dafür zu sprechen scheint, daß durch die Pflanzen Sauerstoff ozonisirt werden könnte, z. B. besitzen nach den Untersuchungen von Schönbein, das Terpentinöl, sowie andere ähnliche ätherische Oele, welche von den Pflanzen zu Zeiten ausgeathmet werden, die Eigenschaft, Sauerstoff zu ozonisiren, so steht doch diese Beobachtung bis jetzt vereinzelt da, so daß wir mit Sicherheit als Ursache der Ozonerzeugung in der Natur augenblicklich nur die Electricität ansehen können.

3. Hat nach Cloëz die poröse Masse des Bodens bei Gegenwart von Alkalien oder alkalischen Erden die Eigenschaft, die Verbindung von Sauerstoff und Stickstoff zu bewirken.

Cloëz beweist dies dadurch, daß er einen von allen Beimengungen, sowohl salpetersaurer als ammoniachaltiger Verbindungen befreieten Luftstrom durch eine Reihe von Flaschen (20), welche mit Stückchen einer porösen mit kohlensauren Alkalien oder alkalischen Erden getränkten Masse (Ziegelstein, Bimstein) gefüllt waren, leitete und nach 6 Monaten in den Flaschen beträchtliche Mengen von salpetersauren Salzen als gebildet nachwies.

4. Schließlich ist von Schönbein noch eine äußerst wichtige Quelle für die Bildung von gebundenem Stickstoff entdeckt worden. Schönbein fand nämlich, daß bei der Verdunstung von tropfenweise in eine offene gerade so stark erhitzte Platinschale, daß das Leidenfrost'sche Phänomen nicht eintritt, ferner durch Verbrennung von Holz, Steinkohlen, Phosphor, Arsenik und Schwefel in feuchter atmosphärischer Luft salpetrigsaures Ammoniac gebildet wird. Derselbe Körper entsteht ferner überall da, wo Wasser in Gegenwart von atmosphärischer Luft verdunstet; somit sind auch die Pflanzen Erzeuger von salpetrigsaurem Ammoniac, da sie ja fortwährend Wasser verdunsten. Diese Resultate der Schönbein'schen Versuche sind durch Böttcher bestätigt worden, welcher darthat, daß überhaupt überall da, wo kohlenwasserstoffhaltige, organische Körper in atmosphärischer Luft verbrennen, stets eine geringe Menge von salpetrigsaurem Ammoniac gebildet werde.

Die Versuche sind ferner noch von Zabelin wiederholt und ebenfalls bestätigt worden. — Das salpetrigsaure Ammoniac entsteht nach Schönbein aus Wasser und Stickstoff, indem sich sowohl der Wasserstoff als auch der Sauerstoff des ersteren mit letzterm verbindet.

Diese Entstehungsweise wird von Bohlig, der das Nitrit ebenfalls unter den oben näher bezeichneten Verhältnissen gefunden hat, angezweifelt; v. Liebig weist dagegen in einer Anmerkung zu der Arbeit von Bohlig nach, daß die Resultate desselben im Einklang mit denen von Schönbein stehen. G. Meißner dagegen zieht die Existenz des Nitrits in Zweifel, indem er es für Wasserstoffsuperoxyd hält; die Zerlegung des Wassers, woher allein der zur Bildung von Ammoniac nothwendige Wasserstoff rühren kann, leugnet er ganz.

Die so außerordentlich genauen Arbeiten Schönbein's aber im Verein mit denen von Böttcher und den andern Forschern lassen keinen Zweifel an der Richtigkeit dieser so überaus wichtigen Entdeckung aufkommen.

§. 36.

b. Vorkommen der Salpetersäure.

Durch die Entdeckung Schönbein's haben wir leicht eine Erklärung für das stete Vorkommen von Salpetersäure in der atmosphärischen Luft, welche uns bis dahin in ausreichendem Grade fehlte; dieselbe wird allerdings, wie wir gesehen haben, durch Ozon gebildet, jedoch hängt die Entstehung des letzteren in der Atmosphäre, soweit wir bis jetzt mit Sicherheit wissen, nur von der

Electricität ab. Da ferner in der gemäßigten Zone die Gewitter verhältnißmäßig selten sind, so würde auch die Entstehung der Salpetersäure auf diesem Wege nur eine beschränkte sein können. Das salpetersaure Ammoniac ist ferner, wie Boussingault bestimmt nachgewiesen hat, nicht flüchtig, somit kann dasselbe auch nicht durch Verdunstung von der Erdoberfläche in die Atmosphäre gelangen. Deshalb fehlte vor der so schönen Entdeckung Schönbein's jede genügende Erklärung für das beständige Vorkommen der Salpetersäure in der Atmosphäre.

Marggraf in Berlin war der erste, welcher in der Mitte des vorigen Jahrhunderts die Salpetersäure als Bestandtheil der atmospärischen Luft nachwies; worauf im Jahre 1826 zuerst von v. Liebig wieder auf ihr Vorkommen in der atmosphärischen Luft aufmerksam gemacht wurde. Nachdem so ihr Vorkommen festgestellt war, sind dann von vielen Chemikern quantitative Untersuchungen über das Vorkommen der Salpetersäure angestellt, wie von Barral, Way, Boussingault, Deville, Stöckhardt, Knop u. A.

Die von diesen Analytikern erhaltenen Zahlen über die Menge der in den verschiedenen atmosphärischen Niederschlägen, im Teich- Fluß- und Seewasser, sowie in der Ackerkrume vorkommenden Salpetersäure sind auf einer Tabelle zusammengestellt, welche am Ende dieses Kapitels befindlich ist.

§. 37.

c. Ist die Salpetersäure in Betreff des Stickstoffs ein Nahrungsmittel für die Gewächse?

Nach den bis jetzt hierüber vorliegenden zahlreichen Versuchen können wir diese Frage mit Sicherheit mit „Ja“ beantworten: Die Salpetersäure ist hinsichtlich ihres Stickstoffs ein Nahrungsmittel für die Pflanzen. Von den vielen angestellten Versuchen will ich zum Beweise des soeben gethanenen Ausspruchs nur die von Boussingault, Ville, Knop und Stohmann anführen.

α. Die Versuche Boussingault's.

Boussingault zieht aus einer Reihe von Versuchen den Schluß, daß die salpetersauren Salze äußerst günstig auf die Entwickelung des Pflanzen-Organismus einwirken, d. h. daß ihr Stickstoff von den Pflanzen assimilirt und hierdurch dieselben in den Stand gesetzt werden, Kohlensäure und die übrigen Nährstoffe in weit höherem Grade zu assimiliren.

Von seinen Versuchen führe ich folgende an:

Der Boden bestand bei diesen Versuchen aus geglühtem Sande, dem Düngerasche zugesetzt war; die Töpfe standen im Freien, vor Regen geschützt und wurden mit kohlesäurehaltigem Wasser begossen; die übrigen Angaben und Resultate sind auf der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Samen-art.	Düngung in Bezug auf den Stickstoff.	Datum der Aussaat.	Datum der Ernte.	Gewicht des Samens. Grm.	Gewicht der wasserfreien Ernte. Grm.	Die Ernte verhält sich somit zur Saat:	Dargebotener Stickstoff im Dünger. Grm.	Dargebotener Stickstoff im Samen Grm.	Dargebotener Stickstoff in Summa. Grm.	Stickstoff der Ernte. Grm.	Gewinn oder Verlust an Stickstoff. Grm.	Bemerkungen.
1 Lupinensamen	Keine	10. Mai	2. Aug. 1855	0,302	1,415	1 : 5	—	0,0170	0,0170	0,0166	+ 0,0035	Im Boden noch an Stickstff. 0,0039 Grm. Die Pflanze 14 Centim. hoch, mit 14 Blättern.
2 Sonnenblumensamen	Keine	10. Mai	22. August 1855	0,068	0,325	1 : 5	—	0,0021	0,0021	0,0022	+ 0,0033	Im Boden noch 0,0032 Grm. Stickstoff; Höhe 6—8 Ctm., jede Pflanze hat 2 Blätter.
dito	1,11 Grm. Salpeter	10. Mai	22. August 1855	0,062	6,685	1 : 108	0,1536	0,0019	0,1555	0,1126	+ 0,0023	Im Boden noch 0,0452 Grm. Stickstoff; Höhe 50 u. 72 Ctm.: 15 und und 17 Blätter.
21 Kressesamen	Keine	21. August	7. Oct. 1853		0,11	2 : 7	—	0,0025	0,0025	0,0016	+ 0,0021	Im Boden noch 0,0030 Grm. Stickstoff; im Ganzen 12 Pflanzen.
10 dito	Stark gedüngter Boden; Gartenerde.	21. August	7. Oct. 1853		1,580	1 : 70	—	—	—			Die Pflanzen in der Blüthe geerntet; 10 Pflanzen.
16 dito	0,216 Natronsalpeter	21. August	9. Oct. 1859		0,831	1 : 22	0,0357	0,0019	0,0376	0,0254	— 0,0034	Im Boden noch 0,0088 Grm. Stickstoff; 16 Pflanzen, welche geschoßt hatten.

β. Die Versuche Ville's.

Ville, von welchem ebenfalls viele Versuche über die Wirkung der salpetersauren Salze angestellt worden sind, folgert aus denselben, daß die salpetersauren Salze sehr günstig auf die Vegetation einwirken und daß der Stickstoff derselben von den Pflanzen assimilirt wird. Ferner zieht dann Ville aus seinen Versuchen noch den Schluß, der oben schon angedeutet, daß die durch die salpetersauren Salze kräftig entwickelten Pflanzen das Vermögen besitzen, ungebundenen Stickstoff aus der Atmosphäre aufzunehmen, weil der Stickstoff der Ernte größer war als der Stickstoff der Ernte und des Düngers; weshalb aber dieses Plus von dem freien und nicht von dem gebundenen Stickstoff der atmosphärischen Luft herrühren soll, ist nicht gut abzusehen. Diese Folgerung scheint mir nur die Hartnäckigkeit, mit der Ville bei seiner einmal gefaßten Ansicht über die Stickstoffnahrung der Pflanzen, welche der menschlichen Natur so nahe liegt, beharrt, darzuthuen.

Von den Ville'schen Versuchen führe ich hier folgende an:

Der Boden ist frei von stickstoffhaltiger Material; die Töpfe sind vor Regen geschützt und außer den betreffenden salpetersauren Verbindungen mit den nothwendigen mineralischen Stoffen gedüngt. Die übrigen Angaben und die Resultate sind auf der folgenden Tabelle (f. S.) zusammengestellt.

γ. Die Versuche Knop's und Stohmann's.

Ferner sind noch ähnliche Versuche mit denselben für die Wirkung der Salpetersäure günstigen Resultaten von Kuhlmann, Isidore Pierre, Bineau, Lawes, Gilbert und Andern ausgeführt worden. Besonders hervorgehoben müssen schließlich noch die Versuche von Knop und Stohmann über die Erziehung von Pflanzen in wässrigen Lösungen werden, bei denen der Stickstoff nur in Form von salpetersauren Verbindungen gegeben und bei denen vollständig entwickelte Pflanze erzielt worden. Diese Versuche im Verein mit andern Resultaten veranlassen Knop zu dem Ausspruch, daß die Pflanze ihren Stickstoff überhaupt nur in Form von Salpetersäure aufnehme. Da dies später noch speciell erörtert werden wird, so sei es hier nur erwähnt. Alle diese Arbeiten beweisen aber, daß die Wirkung der Salpetersäure auf die Pflanze eine sehr günstige, daß sie also eine Stickstoffquelle der Pflanzen ist.

§. 38.

d. Wird die Salpetersäure als solche von der Pflanze aufgenommen, oder findet vor ihrer Aufnahme erst eine Verwandlung in Ammoniac statt?

Indem ich hier von der Ansicht Kuhlmann's, für welche erselbe weiter keinen Beweis liefert, absehe, nach welcher nämlich

Name der Samen.	Düngung in Bezug auf den Stickstoff.	Datum der Aussaat.	Datum der Ernte.	Gewicht der wasserfreien Ernte.	Die Aussaat verhält sich zur Ernte wie:	Dargebotener Stickstoff im Dünger.	Dargebotener Stickstoff im Samen.	Stickstoff in Summa	Stickstoff der Ernte.	Gewinn oder Verlust von Stickstoff.
30 Körner Sommerweizen	Keine	1852		14,07	—	—	0,029	0,029	0,065	+0,036
20 Körner Sommerweizen	Keine	1856		7,84	—	—	0,021	0,021	0,057	+0,036
8 Körner Winterraps	0,5 Grm. Salpeter	12. Juli	6. Septbr. 1855	5,45	1:218	0,0692	0,0013	0,0705	0,0708	+0,0003
dito	0,5 Grm. Salpeter	2. April	12. Juni 1856	5,02	1:200	0,0692	0,0013	0,0705	0,068	—0,0025
10 Körner Winterraps	1 Grm. Salpeter	13. Juli	4. October 1855	15,30	1:493	0,1384	0,0015	0,1399	0,374	+0,2341
dito	1 Grm. Salpeter	7. Januar	2. Mai 1856	10,77	1:347	0,1384	0,0013	0,1397	0,192	+0,0523
20 Körner Sommerweizen	0,792 Grm. Salpeter	April	13. August 1856	26,9	—	0,110	0,021	0,131	0,218	+0,087
dito	0,792 Grm. Salpeter	"	13. August 1856	26,52	—	0,110	0,021	0,131	0,224	+0,093
dito	1,795 Grm. Salpeter	"	25. Juni 1856	26,87	—	0,274	0,016	0,260	0,261	+0,001
dito	1,795 Grm. Salpeter	"	13. August 1856	41,565	—	0,274	0,016	0,260	0,350	+0,090
dito	Keine	1856		8,13	—	—	0,021	0,021	0,058	+0,037
dito	0,792 Grm. Salpeter	1856		26,71	—	0,110	0,021	0,131	0,221	+0,090

die Salpetersäure vor ihrer Aufnahme in Ammoniac verwandelt werde, führe ich gleich einen von Grouven gelieferten Beweis an, welcher mit Bestimmtheit das Gegentheil darthut.

Grouven versetzte humose Erde, deren Ammoniac-Gehalt vorher bestimmt war, mit einer gewogenen Menge Chilisalpeter, hielt die Erde feucht und warm und bestimmte darauf nach 4 bis 12 Wochen wiederum den Ammoniac-Gehalt der Erde. Die Resultate dieser Versuche sind auf der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Dauer des Versuchs	Humusgehalt der Erde %	Stickstoffgehalt derselben	Ammoniacgehalt derselben	Menge des hinzugefügten Chilisalpeters	Stickstoff in demselben	Ammoniacgehalt d. Erde nach dem Versuche.	Gesammtstickstoffgeh. d. Erde nach d. Versuche	Verlust an Ammoniac.
1855 10. Mai bis 2. Juni.	22,08	0,901	0,118	2,00	0,328	0,0987	1,217	0,0193
10. Mai bis 9. August.	22,08	0,901	0,118	4,00	0,656	0,0883	1,530	0,0297
1856 30. Juli bis 30. August	58,14	1,700	0,182	3,17	0,529	0,1720	2,215	0,010

Aus diesen Versuchen schließt Grouven mit Recht, daß die Salpetersäure der salpetersauren Salze als solche aufgenommen werde, denn ginge der Aufnahme derselben eine Umwandlung in Ammoniac vorher, so müßten im Boden die Bedingungen für eine solche vorhanden sein. Wir sehen aber bei diesen Versuchen, bei denen die Bedingungen zur Bildung von Ammoniac überaus günstige waren, trotzdem dasselbe nicht entstehen, was zu beweisen scheint, daß überhaupt im Boden eine Umwandlung der Salpetersäure in Ammoniac nicht stattfindet.

Zu demselben Schlusse, d. h. daß die Salpetersäure direct als Stickstoffquelle der Pflanzen diene, sind Boussingault und Ville durch die oben beschriebenen Versuche gelangt; die salpetersauren Salze übten hier eine äußerst günstige Wirkung auf die Vegetation aus, ohne daß die Verhältnisse einer Umsetzung der Salpetersäure in Ammoniac, wenn eine solche überhaupt im Boden vor sich gehen sollte, irgendwie günstig gewesen wären.

Einen ferneren sehr wichtigen Beweis hat Hobäus durch die Nachweisung geliefert, daß die Salpetersäure in den meisten Pflanzen in den verschiedenen Entwickelungsstufen vorhanden ist; eine Arbeit, auf welche wir später speciell zurückzukommen haben.

Dies Vorkommen der Salpetersäure in den meisten Pflanzen

(vor den Untersuchen von Hobäus waren nur einige Pflanzen, wie Tabak, Borretsch u. s. w. bekannt, in denen sie gefunden war) unterstützt die übrigen Beweise für die directe Aufnahme derselben auf's schönste, denn sonst müßte die Salpetersäure zuerst im Boden in Ammoniac und dann wieder in der Pflanze in Salpetersäure verwandelt werden. Daß die Verwandlung von Salpetersäure in Ammoniac im Boden nicht stattfindet, ist vorher dargethan, ebenso wenig besitzen die Pflanzen im Allgemeinen das Vermögen, diese Umwandlung zu bewerkstelligen, wie dies von Desmarest nachgewiesen ist.

Desmarest ließ Borretsch, Sonnenblume u. s. w. — Pflanzen, welche Salpetersäure enthalten, in Boden, welche frei von salpetersauren Salzen waren, wachsen und fand, daß die Pflanzen keine Salpetersäure enthielten und schlecht vegetirten, was somit beweist, daß die Pflanzen nicht die Fähigkeit besitzen, Salpetersäure zu bilden. Ich verweise weiter auf die Arbeiten von Hobäus in einem der nächsten Paragraphen.

3. Rührt der Stickstoff der Pflanzen vom Ammoniac her?

§. 39.

Bevor wir auf die Beantwortung dieser Frage näher eingehen, ist es auch hier nothwendig, erst die Entstehungsweise und das Vorkommen des Ammoniac zu untersuchen.

1. Quellen des Ammoniac.

a. Zersetzung stickstoffhaltiger, organischer Körper, — Pflanzen — Thiere —.

Bei der freiwilligen Zersetzung pflanzlicher und thierischer Stoffe bildet sich aus dem Stickstoff derselben Ammoniac, resp. Salpetersäure; je günstiger die Bedingungen für die Entstehung letzterer sind — Gegenwart starker Basen, Wärme und freier Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffs —, um so größer ist die Menge der entstehenden Salpetersäure; im entgegengesetzten Falle bildet sich um so mehr Ammoniac.

Leider geht aber nicht aller Stickstoff aus der gebundenen Form, in welcher er sich in den organischen Körpern befindet, wieder in gebundene Form — Ammoniac, Salpetersäure — über, sondern ein Theil und zwar je nach den Verhältnissen ein kleinerer oder größerer, wird als solcher frei, wie dies die Untersuchungen von Reiset, Ville, Lawes, Gilbert und Pugh

dargethan haben. Diese Thatsache ist von ganz außerordentlicher Wichtigkeit und führt uns nothwendiger Weise zu der Annahme, daß andererseits auf irgend eine Weise ungebundener Stickstoff in gebundenen übergeführt werden muß. Wir wissen jetzt, daß die Pflanzen den Stickstoff nur in gebundener Form aufnehmen können, wir wissen ferner, daß die Thierwelt — direct oder indirect — allein von der Pflanzenwelt lebt. Da nun beim Absterben der Pflanzen- und Thierwelt der in derselben befindliche Stickstoff nicht sämmtlich in gebundener Form austritt — in welchem Falle derselbe einen fortwährenden Kreislauf machen würde —, so folgt hieraus, daß entweder die Pflanzen- und so auch die Thierwelt sich beständig verringern oder, was oben schon ausgesprochen ist, daß auf irgend eine andere Weise der freie Stickstoff der Atmosphäre mit in den Kreislauf des gebundenen Stickstoffs hineingezogen werden muß. Da die erste Folgerung der Begründung durchaus ermangelt, so ist die andere die allein richtige. Wir haben bei der Salpetersäure den Beweis für diese Folgerung durch die schönen Arbeiten Schönbein's erhalten.

Nach Reiset enthält nämlich die Luft, welche man über stickstoffhaltige, faulende Körper — er wandte Pferdemist, gemischten Dung, Ochsenfleisch u. s. w. an — je nach der Natur der Substanzen, ihrer Vertheilung und der Menge des mit ihnen in Berührung gebrachten Sauerstoffs 1,59 bis 14,3 Volumenprocente Stickstoff mehr als die normale atmosphärische Luft enthält. Am bedeutendsten war die Entwicklung von Stickstoff beim Faulen von Dungstoffen unter Wasser. Reiset stellte im Ganzen 12 Versuche an.

Von den von Ville in dieser Richtung gemachten Versuchen, welche zu demselben Resultate führten, führe ich folgenden an:

Ville setzte am 20. März 1855 zu 1000 Grm. geglühtem Sande 4,015 Grm. gepulverte Lupinensamen, mit einem Stickstoffgehalte von 0,238 Grm. und hielt den Sand bis zum 10. Juli fortwährend feucht, wo der Versuch beendet wurde. Bei der Untersuchung ergab sich, daß

0,058 Grm. Stickstoff in Form von Ammoniac
und 0,087 „ „ „ „ „ Stickstoff

frei geworden, während im Sande noch 0,093 Grm. verblieben waren.

Ich kann hier nicht unerwähnt lassen, daß Ville in dieser Thatsache wieder einen Beweis für die Assimilation des freien Stickstoffs durch die Pflanzen findet. Er hatte nämlich zugleich Versuche mit Weizen in ausgeglühtem Sande, dem die nothwendigen Aschenbestandtheile und als Stickstoffquelle Lupinensamen zugesetzt war, angestellt und gefunden, daß die erzielten Pflanzen eine größere Menge Stickstoff enthielten, als der Stickstoff betrug, welcher in den Samen und der, welcher nach dem obigen Versuche bei der Zersetzung der Lupinensamen unter den genannten Verhältnissen in Form von Ammoniac frei wird. Hieraus schloß er, daß dieses Plus von der Aufnahme von freiem Stickstoff herrühren müsse.

Gegen diese Folgerung Ville's ist zunächst anzuführen, daß auch bei äußerlich scheinbar gleichen Verhältnissen die Zersetzung der organischen Körper nicht immer gleich vor sich geht; dann aber wieder nicht abzusehen, weshalb dieses Plus nicht von dem gebundenen Stickstoff der Atmosphäre herrühren soll.

b. Eine weitere Quelle

für die Bildung von Ammoniac besteht in der schon oben speciell erwähnten Entdeckung Schönbein's, nach welcher sich bei der Verdunstung von Wasser und der Verbrennung kohlenwasserstoffhaltiger Körper u. s. w. aus Wasser und Stickstoff salpetrigsaures Ammoniac bildet.

Es sind dies die beiden einzigen Quellen, welche wir bis jetzt mit Sicherheit für die Bildung von Ammoniac anführen können.

Von Mulder und Anderen sind zwar noch andere genannt worden, jedoch sind die Beweise für dieselben, wie die folgende Betrachtung zeigen wird, durchaus nicht als stichhaltige anzusehen.

c. Widerlegung der Angaben, daß Wasserstoff im statu nascente das Vermögen besitze, sich mit dem Stickstoff der Luft zu Ammoniac zu verbinden.

§. 50.

Nach Mulder besitzt der Wasserstoff im statu nascente das Vermögen, sich mit dem Stickstoff der atmosphärischen Luft zu Ammoniac zu verbinden. Diese Ansicht wurde durch die Thatsache unterstützt, daß nach den Untersuchungen Boussingault's die Eisenerze in den Urgebirgen Südamerika's, sowie nach Berzelius die von Schweden nachweisbare Mengen von Ammoniac enthalten. Andererseits ist aber von Braconnot nachgewiesen, daß nicht nur Eisenerze, sondern auch Basalte, Granite, Syenite, Quarze, Amphibole und eine Menge anderer Felsarten bei der trockenen Destillation Wasser abgeben, welches deutlich nachweisbare Mengen von Ammoniac enthält.

Bei den Eisenerzen erklärte man den Ammoniac-Gehalt dadurch, daß man sagte, das Eisen zersetze das Wasser, eigne sich den Sauerstoff desselben an, und der so frei werdende Wasserstoff verbinde sich mit dem Stickstoff der atmosphärischen Luft zu Ammoniac.

α. Mulder's Beweise.

Mulder führt für seine Ansicht folgende Beweise an:

Bringt man in ein Glasgefäß, welches mit Luft gefüllt ist, etwas Eisenfeile und Wasser und klemmt in den Hals des verschlossenen Gefäßes rothes Lackmuspapier ein, so bemerkt man bald, daß das Papier in Folge von gebildetem Ammoniac gebläuet wird. Das Ammoniac soll hierbei auf die oben angegebene Weise entstanden sein. Mulder führt dann noch an, daß sich in ähnlicher Weise überall da Ammoniac bildet, wo Stickstoff mit Wasserstoff im statu nascente zusammentrifft, so z. B. in der Ackerkrume. Er führt für diese Entstehung des Ammoniac dann noch Folgendes an: Kommt reines Schwefelwasserstoffgas und reine atmosphärische Luft bei gewöhnlicher Temperatur mit Kohle, welche vorher mit Salzsäure befeuchtet war, zusammen, so bildet sich Ammoniac, indem, wie Dumas gezeigt hat, der Sauerstoff der Luft den Schwefel des Schwefelwasserstoffs zu Schwefelsäure oxydirt und der so freiwerdende Wasserstoff sich mit dem Stickstoff zu Ammoniac vereinigt.

Dies zeigen nach Mulder folgende Versuche von Altheer: Als über 0,12 Pfd. Holzkohle mit 0,5 Pfd. Wasser und 0,025 Pfd. Salzsäure befeuchtet, 10 Kubikdecimeter schwefelwasserstoffhaltige Luft innerhalb 3—4 Stunden geführt waren, wurden im Gefäße 0,0308 Grm. Ammoniac gefunden. Bei einem zweiten Versuche, wo 0,3 Pfd. Holzkohle mit 0,35 Pfd. Wasser und 0,07 Pfd. Salzsäure befeuchtet waren, war kaum eine Spur von Ammoniac nachweisbar; während dann wieder bei einem dritten Versuche, bei dem die Verhältnisse, wie bei 2, 0,053 Grm. Ammoniac entstanden waren. Holzkohle, Wasser, Salzsäure und atmosphärische Luft sollen frei von Ammoniac gewesen sein.

β. Widerlegung der Mulder'schen Beweise.

Was zunächst den ersten Beweis Mulder's für die Bildung von Ammoniac aus Stickstoff und nascirendem Wasserstoff anbetrifft, so ist dieser Versuch unter Andern von Le Voir wiederholt worden, und in dem Falle, wo gewöhnliches destillirtes Wasser genommen war, bestätigt gefunden worden. Darauf wurde das Wasser nochmals mit Schwefelsäure destillirt und dann mit in Leuchtgas ausgeglühter Eisenfeile zusammengebracht, auch jetzt zeigte sich beim Rosten des Eisens noch eine alkalische Reaction. Als aber dies Wasser, nachdem die Eisenfeile längere Zeit in demselben gerostet hatte, abermals mit in Leuchtgas ausgeglühter Eisenfeile einige Tage stand, trat keine alkalische Reaction mehr auf. Das Freiwerden von Ammoniac erklärt sich hier einfach daraus, daß in dem destillirten Wasser stets etwas Ammoniac enthalten ist, welches durch das sich bildende Eisenoxyd frei gemacht wird, denn dieses hat, wie

LeVoir zeigt, im Augenblicke des Entstehens das Vermögen, Alkalien aus ihren Verbindungen auszutreiben.

Beim Rosten des Eisens kann aber gar kein Ammoniac nach der Mulder'schen Erklärung gebildet werden, weil, wie Marshall Hall dargethan hat, beim Rosten des Eisens bei gewöhnlicher Temperatur überhaupt kein Wasser zerlegt, also auch kein Wasserstoff frei wird. Dies ist von v. Liebig und Will bestätigt worden; letzterer hat ferner auf's bestimmteste nachgewiesen, daß aus dem Stickstoff der atmosphärischen Luft bei Gegenwart von Eisen oder andern sich oxydirenden Stoffen und Wasser, kein Ammoniac gebildet wird.

Was ferner die von Mulder angeführte Entstehung von Ammoniac in der Ackerkrume und dem hier freiwerdenden Wasserstoff (?) anbetrifft, so sind hierüber von Fr. Schulze mehrere Versuche angestellt worden, welche aber alle zum entgegengesetzten Resultate geführt haben.

Schulze brachte verwesenden Humus in abgeschlossene Gefäße mit atmosphärischer Luft, konnte aber bei mehrfacher Wiederholung des Versuchs nie ein Verschwinden von Stickstoff beobachten. Er operirte hierbei mit den verschiedenartigsten in Verwesung begriffenen Substanzen und modificirte die Versuche in der Art, daß er theils noch alkalische Stoffe beimengte, theils den verschwundenen Sauerstoff vergleichsweise ersetzte, nie aber konnte er ein Verschwinden von Stickstoff, also eine Bindung desselben wahrnehmen.

Als einziger Beweis für die von Mulder angenommene Entstehung von Ammoniac aus nascirendem Wasserstoff und Stickstoff bleiben demnach die von Altheer mitgetheilten Versuche; eine große Beweiskraft besitzen dieselben aber ebenfalls nicht, da unter ganzen gleichen Verhältnissen bei einem Versuche kein Ammoniac, bei einem andern dasselbe gefunden worden ist. Wäre aber auch hierdurch wirklich der sichere Beweis geliefert, daß Wasserstoff im statu nascente sich mit dem atmosphärischen Stickstoff verbinden kann, so hätten wir hierin doch nur eine sehr beschränkte Quelle für die Bildung von Ammoniac, da, wie die obigen Thatsachen darthun, die von Mulder angeführten Ursachen für die Entstehung von Wasserstoff im statu nascente nicht vorhanden und die Verhältnisse, unter denen nascirender Wasserstoff in der Natur entsteht, gewiß selten sind.

Das Vorkommen von Ammoniac in den Eisenerzen und Felsarten erklärt sich ungezwungen aus dem allgemeinen Vorkommen dieses Körpers und dem Vermögen jener, Ammoniac mechanisch festzuhalten.

Die einzigen Quellen für die Entstehung von Ammoniac sind

die sich zersetzenden stickstoffhaltigen, organischen Körper und die von Schönbein entdeckte Entstehungsart desselben.

§. 41.

2. Vorkommen des Ammoniac.

Aus den so eben näher besprochenen Quellen des Ammoniac können wir den sichern Schluß ziehen, daß dasselbe ganz außerordentlich verbreitet sein muß, denn stickstoffhaltige, organische Körper zersetzen sich täglich, stündlich, ja jeden Augenblick auf unserer Erdoberfläche, ebenso sind die Ursachen der Entstehung desselben nach der Schönbein'schen Entdeckung ganz allgemein.

Als Bestandtheil der atmosphärischen Luft wurde das Ammoniac zuerst von de Saussure nachgewiesen, indem er zeigte, daß schwefelsaure Thonerde, der Luft ausgesetzt, sich in Ammoniacalaun verwandele. Dann wurde durch die ausgezeichneten Versuche von Faraday auf das Bestimmteste dargethan, daß überall da, wo überhaupt atmosphärische Luft sich befindet, auch Ammoniac vorhanden ist.

Bestimmte Angaben über die Menge des sich vorfindenden Ammoniac verdanken wir der Neuzeit. Jetzt liegen von Graeger, Kemp, Fresenius, Horsford, Binean, Isidore Pierre, Boussingault, Ville, Filhot, Marchand, Way, Knop und Andern, zahlreiche Bestimmungen über die Menge von Ammoniac vor, welche sich in der Luft, im Regenwasser, Thau, Nebel, Schnee, Quell-, Fluß- nud Seewasser, sowie in der Ackererde befindet. Auf der im Anhang folgenden Tabelle sind die Resultate dieser Versuche zusammengestellt.

Das Ammoniac kommt nun nicht als solches, sondern stets an Säuren gebunden, als Ammoniacsalz, vor. Am häufigsten finden wir es an Kohlensäure gebunden, als kohlensaures Ammoniac; außerdem haben wir in der Luft noch salpetersaures und salpetrigsaures Ammoniac; im Quell-, Fluß- und Seewasser, sowie im Boden, sind ferner noch andere Verbindungen desselben — mit andern Mineralsäuren und Humussäuren — enthalten, von welchen wir die Verbindungen, in denen das Ammoniac im Boden vorkommt, später noch speciell kennen zu lernen Gelegenheit haben werden.

Daß das Ammoniac der atmosphärischen Luft in den meteorischen Niederschlägen enthalten sein muß, geht daraus hervor, daß das kohlensaure, sowie salpetrigsaure und salpetersaure Ammoniac in Wasser leicht löslich ist und somit von dem meteorischen Wasser aufgelöst wird. In Folge dessen muß natürlich auch ein Regen, welcher nach längerer Trockenheit fällt, viel reicher an Ammoniac und Salpetersäure sein, als einer der nach kurz vorhergegangenem Regen zur Erde gelangt; ferner muß auch der zuerst fallende

Regen stets mehr von diesen Körpern enthalten, als der später fallende; bestimmte Zahlenangaben hierüber verdanken wir Boussingault, welche ich im Folgenden kurz anführe.

Ich bemerke vorher noch, daß die ersten 4 Angaben sich auf Regen beziehen, welcher zu Liebfrauenstein 1853, während der letzte Regen repräsentirt, der 1854 zu Paris fiel.

	28. Aug. Milligramm im Liter.	29. Aug. Milligramm im Liter.*) a.	b.	6. Sept. Milligramm im Liter.	29. Sept. bis 1. Oct. Milligramm im Liter.	3. Jan. Milligramm im Liter.
1. Portion	1,15	0,78 —	0,53	1,43	1,84	3,37
2. "	0,77	0,48 —	0,26	0,49	0,94	3,73
3. "	0,61	0,67 —	0,02	0,31	0,61	3,30
4. "	0,23	0,42 —	0,19	0,31	0,73	1,52
5. "	0,14			0,21	0,61	0,60
6. "	0,08			0,08	0,23	
7. "	0,10			0,08	0,08	
8. "	0,03				0,16	

*) An diesem Tage regnete es des Morgens bis Mittags (a) und dann von Abends 4½ Uhr an (b).

Das kohlensaure Ammoniac ist flüchtig, somit wird auch nach dem Aufhören des Regens ein Theil desselben, welcher durch die Bestandtheile des Bodens noch nicht fest gebunden ist, nach dem Maaße seiner eigenen Tension wieder in die Atmosphäre übergehen und dieser Uebergang ist um so bedeutender, je höher die Temperatur und je mehr die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens dies begünstigen: somit findet ein fortwährendes Spiel von Dampfförmigwerden und Auflösung statt.

Anders verhält sich das salpetersaure Ammoniac; dies ist, wie wir schon gesehen haben, nicht flüchtig und kann, sobald es zur Erde gelangt ist, nicht wieder in die Atmosphäre zurückkehren.

3. Ist das Ammoniac eine directe Stickstoffquelle für die Pflanzen?

§. 42.

α. Die gegen diese Ansicht angeführten Gründe.

Die bejahende Beantwortung dieser Frage bedurfte bis vor Kurzem des Beweises eigentlich nicht, da alle Physiologen darin

einig waren, daß das Ammoniac von den Pflanzen aufgenommen und somit eine Quelle für den Stickstoff derselben sei. In allerneuester Zeit ist von mehreren Seiten und zwar vor Allem von Knop darauf hingewiesen worden, daß wahrscheinlicher Weise die Salpetersäure die einzige directe Stickstoffquelle der Pflanzen sei.

Diese Ansicht ist ferner noch von Cloëz und Balling ausgesprochen worden. Baling weist zur Begründung seiner Ansicht darauf hin, daß die Pflanzen den Kohlenstoff, Wasserstoff, Schwefel und Phosphor aus den Sauerstoff-Verbindungen derselben und zwar der Kohlensäure, dem Wasser; der Schwefelsäure und Phosphorsäure aufnehmen. Wenn nun die Pflanzen vier der wesentlichsten Bestandtheile aus Oxyden durch Desoxydation entnehmen, so findet er darin einen Widerspruch, daß die Pflanzen den Stickstoff nicht ebenfalls aus der Sauerstoffverbindung desselben, der Salpetersäure, sich aneignen sollten, weil sonst für die Assimilation des Stickstoffs bei der Bildung der Pflanzensubstanz ein anderes Gesetz, als bei der des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Schwefels und Phosphors existiren müsse. Nach Balling ist das Ammoniac nur ein mittelbares Pflanzennährmittel. Er bespricht dann die günstigen Resultate der Düngung mit Chilisalpeter und untersucht schließlich, ob in der Ackererde wirklich Salpeterbildung vor sich gehe, was er bejahend beantwortet, ohne weitere Beweise, auf Untersuchungen gestützt, dafür beizubringen. In Betreff der Verbindung, in welcher die Salpetersäure aufgenommen werde, nennt Balling das salpetersaure Ammoniac (!).

Knop liefert dagegen für seine Ansicht nicht nur theoretische Deductionen, sondern stützt dieselbe auf Versuche. Zunächst fand Knop bei Versuchen über das Wachsthum von Landpflanzen in wässrigen Lösungen, in denen der Stickstoff nur in Form von Salpetersäure vorhanden war, daß die Pflanzen sich in denselben vollständig entwickelten. Diese Resultate sind dann von Rautenberg und Kühn in Weende und Stohmann in Braunschweig bei ähnlichen Versuchen über das Wachsthum von Landpflanzen in wässrigen Lösungen bestätigt worden. Hieraus zieht zunächst Knop den Schluß, daß das Ammoniac den Pflanzen zur Ernährung nicht nothwendig ist.

Knop untersuchte ferner im Verein mit Wolf Ackererden von verschiedenen Orten auf ihren Gehalt an Ammoniac und fand, daß die Menge desselben eine bedeutend geringere sei, als sie bisher von andern Analytikern angegeben, indem sie zwischen 0,00094 und 0,00095 % schwanke. Nach Untersuchungen von Way, Wolff, Stöckhardt, Grouven, Hellriegel, Hoffmann und mir

variirt dagegen der Ammoniacgehalt der verschiedensten Ackererden zwischen 0,0045—0,0382 %. Dann wurde eine unbebaute Gartenerde und eine bebaute Ackererde mehrfach während des Sommers auf Ammoniac untersucht, und in beiden stets nur einige Milliontel Ammoniac gefunden, welcher Gehalt während des Sommers bei der nicht bebauten Gartenerde keine nachweisbare Zunahme, sowie bei der mit Kartoffeln bebauten Ackererde keine nachweisbare Abnahme erlitt. — In einer Tiefe von 6' wurde kein Ammoniac gefunden, ebenso in den hier abziehenden Wässern. Dies beweist, sagt Knop, daß das Ammoniac im Boden fest gebunden befindlich ist und dann, daß eine fortwährende Umwandlung desselben im Boden vor sich gehen müsse. Diese Umwandlung besteht in Verbrennung des Ammoniac zu Salpetersäure, für welche Knop ebenfalls ein Beispiel liefert.

„Die bisher angeführten Thatsachen, fährt Knop fort, regen die Frage an: ist nicht etwa die Salpetersäure allein der Körper, welcher den Pflanzen den Stickstoff zuführt? Diese Frage ist nun, wie er meint, mit Sicherheit bis jetzt noch nicht zu beantworten. Daß aber das Ammoniac mehr als Salpetersäure erzeugender Körper, als als Pflanzennahrungsmittel anzusehen ist, gewinnt durch folgende Thatsachen einige Stützen.

a. Das Ammoniac ist im Boden durch Flächenattraction von seiner freien Bewegung nach den Wurzeln hin ausgeschlossen.

b. Von demselben als solchem sind in der Ackerkrume nur Milliontel vorhanden und in einer Tiefe von 6' sind nicht mal mehr Spuren zu finden.

c. Die Verbrennlichkeit des Ammoniac im Boden ist durch die Salpeterplantagen und viele Versuche dargethan."

Was die unter a. bezeichnete Stütze dieser Ansicht anbetrifft, so scheint mir die hier angeführte Thatsache viel mehr gegen als für dieselbe zu sprechen. Dieses Gesetz des Gebundenseins gilt ja nicht allein für das Ammoniac, sondern in höherem oder geringerem Grade für alle Pflanzennährstoffe und zwar für die wichtigsten, wie für das Kali, die Phosphorsäure u. s. w. in demselben Maße; dagegen entzieht sich die Salpetersäure diesem Gesetze vollständig. Das Gebundensein des Ammoniac im Boden kann also sicherlich nicht als Beweis dafür dienen, daß das Ammoniac nicht zum directen Nahrungsmittel der Pflanze bestimmt sei.

Die Verbrennung des Ammoniac im Boden zu Salpetersäure welche von mehreren Seiten, unter Andern außer von Knop auch

von Boussingault, dargethan ist, wird nach Knop durch den Humus und das Eisenoxydhydrat bewirkt.

Humussaures Ammoniac, bei Gegenwart von Wasser, oxydirt sich, wie alle humusauren Alkalien weit rascher, als der Humus für sich und das Eisenoxydhydrat, indem es zu Oxydulhydrat reducirt wird, wirkt verbrennend auf das Ammoniac. Auch nach Thènard ist das Eisenoxyd ein wesentliches Oxydationsmittel für die im Boden enthaltenen organischen Stoffe und für die Bildung von Salpetersäure; diese Eigenschaft des Eisenoxydes bestätigen auch Kuhlmann und Graeger. Nach Millon ist dagegen das Eisenoxydhydrat ohne allen Einfluß auf die Nitrification, indem dieselbe nach ihm allein von der Humussubstanz abhängig ist, welche dadurch die Oxydation des Stickstoffs und zwar nur indirect bewirkt, daß sie selbst Sauerstoff begierig aufnimmt. H. Mangon andererseits hält es für wahrscheinlich, daß nicht das Eisenoxyd für sich, sondern daß ein humussaures Eisensalz hier wirksam sei. Mit Sicherheit läßt sich augenblicklich die wahre Ursache der Verbrennung des Ammoniac noch nicht angeben, weshalb ich auch die Ansichten darüber ohne Kritik angeführt habe.

§. 43.

β. Die für diese Ansicht sprechenden Gründe.

Nachdem wir in dem Vorhergehenden dasjenige dargelegt haben, was für die Ansicht, daß die Salpetersäure vorherrschend, wenn nicht allein die Stickstoffquelle der Pflanzen ist, spricht, haben wir jetzt weiter diejenigen Thatsachen kennen zu lernen, welche gegen die Annahme anzuführen sind.

Zu diesem Zwecke beschreibe ich zunächst einige Düngungsversuche mit Ammoniacsalzen von Ville, welche die günstige Wirkung des Ammoniac auf die Vegetation darthun und bei welchen das Ammoniac als solches aufgenommen sein muß, da die Ursachen der Verbrennung desselben zu Salpetersäure fehlten.

Diese Versuche wurden in Töpfen, gefüllt mit geglühtem Sande, dem die mineralischen den Pflanzen nothwendigen Nährstoffe beigemengt waren, angestellt; den Töpfen wurden dann verschiedene stickstoffhaltige Dungstoffe, von denen jeder 0,11 Grm. Stickstoff enthielt, zugesetzt. Die Versuche wurden im Jahre 1856 mit Sommerweizen gemacht und ergaben folgende Resultate:

Angewendete stickstoffhaltige Dungstoffe.	Gewicht der Ernte an Stroh und Wurzeln. Grm.	Gewicht der Ernte an Körnern. Grm.	Gesammtgewicht; Mittel aus je 2 Versuchen Grm.	Stickstoff der Ernte. Grm.	Stickstoff der Ernte; Mittel aus je 2 Versuchen Grm.
1. Keine	A. 6,25 B. 6,75	1,38 1,88	8,13	0,057 0,059	0,058
2. Salmiac (0,419 Grm.)	A. 15,10 B. 17,34	4,93 3,54	18,83	0,161 0,124	0,142
3. Salpetersaures Ammoniac (0,314 Grm.)	A. 12,20 B. 14,87	3,72 5,86	18,32	0,118 0,149	0,133
3. Phosphorsaures Ammoniac (0,850 Grm.)	A. 12,96 B. 15,82	3,77 4,34	18,40	0,116 0,150	0,133

Wir sehen hier, daß das Ammoniac eine sehr günstige Wirkung auf die Gesammtentwickelung der Weizenpflanzen ausgeübt hat; der Stickstoffgehalt der mit Ammoniacsalzen gedüngten Pflanzen beträgt das $2^1/_2$fache des Stickstoffs der Pflanzen ohne stickstoffhaltigen Dung. Diese vermehrte Stickstoffaufnahme hat aber auch eine vermehrte Aufnahme der übrigen Nährstoffe zur Folge gehabt, so daß das Gesammtgewicht der Ernte ebenfalls bedeutend vermehrt worden ist: es beträgt mehr als das Doppelte der ohne Ammoniacsalze erhaltenen Ernte. Wir können hier aber mit Bestimmtheit sagen, daß das Ammoniac als solches aufgenommen ist, denn die Ursachen, welche, wie bis jetzt angegeben, die Verbrennung desselben zu Ammoniac bewirken, — Humus und Eisenoxydhydrat —, sind hier durchaus nicht vorhanden gewesen.

Wir haben hier somit Beweise, daß das Ammoniac direct von den Pflanzen aufgenommen wird und den Pflanzen als Stickstoffquelle dient. Außer diesen Versuchen könnte ich noch eine Reihe anderer anführen, welche die Resultate derselben bestätigen, jedoch genügen dieselben für den hier vorliegenden Zweck.

Es stehen somit der von Knop angeführten Thatsache, daß Pflanzen, denen der Stickstoff nur in Form von Salpetersäure geboten war, sich kräftig entwickelten, die entgegen, wo Pflanzen, welche den Stickstoff nur in Form von Ammoniac empfingen, ebenfalls gut gediehen, was somit zunächst beweist, daß bei gewissen Pflanzen Salpetersäure und Ammoniac, jeder für sich, die einzige Stickstoffquelle sein kann.

Weitere schlagende Beweise für die directe Aufnahmefähigkeit des Ammoniac haben wir in den schönen Untersuchungen von Hobäus.

Hobäus hat eine große Anzahl der verschiedensten Pflanzen in verschiedenen Perioden der Entwickelung auf ihren Gehalt an Ammoniac und Salpetersäure untersucht und gefunden, daß in allen von ihm untersuchten Pflanzen in den verschiedenen Stadien der Entwickelung Ammoniac enthalten sei; Salpetersäure wurde zwar ebenfalls in allen, von ihm untersuchten Pflanzen, jedoch nicht in allen zu jeder Zeit, gefunden.

Die von Hobäus erhaltenen Resultate habe ich auf der folgenden Tabelle zusammengestellt, zu der ich noch bemerke, daß 1 Th. Ammoniac, 0,8235 Th. Stickstoff und 1 Th. Salpetersäure, 0,26 Th. Stickstoff enthält, also der Stickstoff in beiden im Verhältniß wie 3,15 : 1 steht.

Name der Pflanzen.	Name des betreffenden Pflanzentheils.	Entwickelungszustand, Alter u. s. w. der Pflanzen.		Ammoniacgehalt in %	Salpetersäuregehalt in %	Verhältniß zwischen Ammoniac u. Salpetersäure.	Gesammtstickstoff der Pflanzen.
Borago officinalis . . .	Wurzel	Völlig entwickelt; frisch.		0,106	0,675		
	Stengel			0,159	1,581		
	Blätter			0,053	0,506		
Helleborus niger . . .	Wurzel	dito		0,106	0,337		
	Stengel			0,318	0,337		
	Blätter			0,159	0,168		
Helleborus viridis . . .	Blätter	dito		0,159	0,337		
	Stengel			0,159	0,337		
	Wurzel			0,318	0,168		
Onobrychis sativa . . .	Kraut	Noch nicht völlig entwickelt	Im November geerntet.	0,265	0,168		
	Wurzel			0,159	0,080		
Rumex sanguineus . .	Wurzel	dito		0,159	0,506		
	Stengel			0,106	0,168		
	Blätter			0,106	0,337		
Brassica napus	Wurzel	dito		0,212	0,421		
	Blattstiele			0,265	0,506		
	Blätter			0,159	0,337		
Lepidium sativum . . .	Kraut	dito	4 Wochen alt.	0,159	1,012		
Chelidonium majus . . .	Ganze Pflanze	dito	Ende April genommen.	0,159	0,337		
Colchicum autumnale	dito	dito	dito	0,079	0,252		
Iris Germanica, (Schwertlinie)	Wurzel	Anfangs November entnommen.		0,053	—		
	Blätter			0,106	—		

Name der Pflanzen.	Name des betreffenden Pflanzentheils.	Entwickelungszustand, Alter u. s. w. derselben.	Ammoniacgehalt in %	Salpetersäuregehalt in %	Verhältniß zwischen Ammoniac u. Salpetersäure.	Gesammtstickstoff der Pflanzen.
Allium porrum, Porre	Zwiebel	Anfangs November entnommen.	0,185	—		
	Blätter		0,159	—		
Allium sativum, Knoblauch	Zwiebel	Wie sie im Handel vorkommt.	0,079	—		
Allium Cepa, Hauszwiebel	Zwiebel	dito	0,053	—		
dito	Zwiebel	Die Zwiebel in Sand gesetzt, mit Wasser begossen, nach 7wöchentl. Entwickelung.	0,079	—		
	Blätter		0,070	—		
Nicotina rustica, ungarischer Tabak	Kraut	Lufttrocken.	0,371	0,863	1,4 : 1	
	Same		0,318	0,337	1 : 3	
Hyoscyamus niger, schwarzes Bilsenkraut	Kraut	dito	0,591	1,256	1,46 : 1	
	Same		0,318	0,337	1 : 3	
Datura Stramonium, Stechapfel	Kraut	dito	0,717	2,193	1,3 : 1	
	Same		0,310	0,337	1 : 3	
Klee, mit Gyps gedüngt . .	Ganze Pflanze	Zur Zeit der Blüthe gesammelt.	0,212	0,337	2 : 1	3,2
Klee, mit Knochenmehl gedüngt . . .	dito	dito	0,212	0,506	2 : 1,5	2,9
Klee, mit Superphosphat gedüngt . .	dito	dito	0,212	0,506	2 : 1,5	2,9
Klee, mit Torferde gedüngt	dito	dito	0,212	0,337	2 : 1	2,9
Klee, mit Kaliwassergl. ged.	dito	dito	0,265	0,168	5 : 1	2,9
Klee, ohne Düngung .	dito	dito	0,212	0,337	2 : 1	2,9
dito	dito	dito	0,265	0,168	5 : 1	2,9
Weiße Rübe .	Wurzel	reif	0,106	0,337		

Name der Pflanzen.	Name des betreffenden Pflanzentheils.	Entwickelungszustand, Alter u. s. w. derselben.	Ammoniacgehalt in %	Salpetersäuregehalt in %	Verhältniß zwischen Ammoniac u. Salpetersäure.	Gesammtstickstoff der Pflanzen.
Zuckerrübe . .	Wurzel	reif	0,053	0,252		
Gewöhnliche Futterrübe .	Wurzel	dito	0,106	0,252		
Kartoffel . . .	Knollen	reif; am 27./11. 63.	0,079	0,168		
	dito	gekeimt am 3./2. 64.	0,079	0,168		
	dito	Mit langen Keimen, am 20./4. 64	0,079	0,168		
Weizen	Same	Keimversuche: 8tägige Keimung	0,596	1,180	1 : 0,64	
	dito	14täg. Keimung	0,397	0,844	1 : 0,66	
	dito	nicht gekeimt	0,318	1,350	1 : 1,33	
Linsen	Same	dito	0,425	0,168	1 : 0,12	
	dito	8täg. Keimung	0,450	0,253	1 : 0,17	
	dito	14täg. Keimung	0,370	0,337	1 : 0,28	
Roggen	Same	nicht gekeimt	0,318	1,012	1 : 1	
	dito	8täg. Keimung	0,425	0,844	1 : 0,63	
	dito	14täg. Keimung	0,251	0,625	1 : 0,8	
Gerste	Same	nicht gekeimt	0,265	0,084	1 : 0,1	
	dito	8täg. Keimung	0,318	0,421	1 : 0,42	
	dito	14täg. Keimung	0,212	0,506	1 : 0,75	
Hafer	Same	nicht gekeimt	0,238	0,084	1 : 0,11	
	dito	8täg. Keimung	0,318	0,337	1 : 0,33	
	dito	14täg. Keimung	0,265	0,421	1 : 0,5	

Dies stete Vorkommen des Ammoniac in den Pflanzen in den verschiedenen Stadien der Entwickelung beweist gewiß hinlänglich, daß dasselbe eine directe Stickstoffquelle der Pflanzen ist; im andern Falle müßte das zur Ackererde gebrachte oder das in derselben gebildete Ammoniac erst zu Salpetersäure oxydirt, dann von der Pflanze aufgenommen und in dieser wieder in Ammoniac verwandelt werden, was aber durchaus nicht annehmbar ist.

Hobäus setzte dann diese Versuche im nächsten Jahre (1865) fort; von diesen Versuchen theile ich hier nur die interessante Thatsache mit, daß er in den zwiebelartigen Gewächsen in diesem Jahre

im Sommer Salpetersäure fand, während dieselben im vorigen Jahre, im Herbst untersucht, keine enthielten; letzteres war auch in diesem Jahre wieder der Fall.

Er fand bei den im Juni gemachten Versuchen bei:

	Ammoniac	Salpetersäure
Allium Cepa, Hauszwiebel:		
in 4 Grm. Blätter	0,079	0,337
„ 4 „ Zwiebel	0,106	0,168.
Allium porrum, Porre:		
„ 4 „ Blätter	0,106	0,252
„ 4 „ Zwiebel	0,159	0,252
Iris germanica:		
„ 4 „ Blätter	0,079	0,252
„ 4 „ Zwiebel	0,106	0,084.

Während also diese Pflanzen im Herbste keine Salpetersäure enthalten, finden wir dieselbe im Frühjahr in denselben.

Hobäus untersuchte ferner, ob die Zwiebeln überhaupt Salpetersäure aufzunehmen vermögen, oder ob die im Frühjahr anwesende nur als Umwandlungs-Product zu betrachten sei. Die zur Beantwortung dieser Fragen angestellten Versuche ergaben, daß in den Zwiebeln Ammoniac in Salpetersäure umgewandelt wird, und daß die Zwiebeln nicht im Stande sind, Salpetersäure aufzunehmen.

Von den weiteren Versuchen von Hobäus führe ich nur noch die Resultate der mit den Cerealien in verschiedenen Vegetationsperioden angestellten kurz an. Die frischen Pflanzen enthielten an Ammoniac und Salpetersäure im Durchschnitt der untersuchten Pflanzentheile genommen und in Procenten ausgedrückt, die auf der folgenden Tabelle aufgeführten Mengen:

	Roggen.		Weizen.		Gerste.		Hafer.	
	Ammoniac.	Salpetersäure.	Ammoniac.	Salpetersäure.	Ammoniac.	Salpetersäure.	Ammoniac.	Salpetersäure.
Im April . .	0,132	0,168	0,106	0,168	—	—	—	—
„ Mai . .	0,150	0,196	0,079	0,252	0,132	0,421	0,132	0,421
„ Juni .	0,079	0,056	0,061	0,196	0,043	0,026	0,053	0
„ Juli . .	0,106	0,315	0,053	0,280	0,097	0,059	0,044	0,026
„ August	—	—	0,119	0,278	0,101	0,084	0,105	0,026

Wir haben daher sowohl das Ammoniac und die Salpetersäure als die Stickstoffquellen der Pflanzen zu betrachten; in welchem Verhältnisse beide den einzelnen Pflanzen zur Ernährung dienen, ist

bis jetzt durchaus noch nicht anzugeben; dies wird von der Pflanzenart und localen Verhältnissen abhängen.

§. 44.

4. Durch welche Organe wird das Ammoniac von den Pflanzen aufgenommen?

Diese Frage hätte auch gleich so gestellt werden können: nehmen die Pflanzen das Ammoniac auch durch die Blätter auf? denn einen Beweis dafür zu liefern, daß seine Aufnahme durch die Wurzeln erfolgt, ist sicherlich unnothwendig.

Es soll daher auch hier nur untersucht werden, ob die Blätter im Stande sind, das Ammoniac, ähnlich wie die Kohlensäure, aufzunehmen.

Zur Beantwortung dieser Frage sind von Sachs Versuche angestellt, welche für die Leguminosen die Fähigkeit der Blätter, kohlensaures Ammoniac aufzunehmen und zu assimiliren, constatiren.

Der Apparat, dessen sich Sachs bediente, war folgendermaßen zusammengesetzt: die Gefäße mit dem Boden und den in diesem entwickelten Wurzeln sind außer aller Communication mit der Luft, welche Stengel und Blätter umgiebt; letztere befinden sich in einer Glocke, welche mittelst eines Harzkittes auf der Platte eines Tischchens luftdicht befestigt ist; in der Mitte des letzteren ist eine kleine Oeffnung, durch welche der Stengel der Pflanze hindurchgeführt und die dann gut verschlossen ist, so daß die Luft oberhalb der Platte (die der Glocke) nicht mit der unterhalb derselben (die der Erde) communiciren kann. Die Glocke ist mit 2 Glasröhren versehen, von denen die eine zum Zuleiten des Luftgemenges, die andere zum Ableiten des gasförmigen Glockeninhalts dient. Sachs operirte mit Schminkbohnen; 2 Keimpflanzen derselben, in gleich großen thönernen Blumentöpfen befindlich, welche mit grobem Flußsand gefüllt waren, kamen am 19. Juli, als sie ihre Keimblätter entfaltet hatten und nachdem die noch mit Nährstoffen gefüllten Kotyledonen abgeschnitten waren, so in je einen Apparat, daß sich Stengel und Blätter in der Glocke befanden, während die Wurzeln dem freien Luftzutritt ausgesetzt blieben. Die Apparate standen neben einander am Ostfenster und wurden von 7—8 Uhr früh von der Sonne beschienen. Nr. 1 wurde mit einer Luft, welche 4—5% Kohlensäure enthielt und vor dem Eintritt durch Wasser streichen mußte, versorgt. Die Pflanze blieb hier gesund und wuchs ohne Störung bis zum Schluß des Versuchs, kam jedoch wegen der feuchten Atmosphäre nicht zum Blühen; am 11. Aug., wo der Versuch beendet, hatte sie 20 ausgebildete Blätter und 2 Seitentriebe. Nr. 2 erhielt täglich dieselbe Menge Luft und Kohlensäure, außerdem aber noch kohlensaures Ammoniac, welches dadurch in die Glocke kam, daß die Luft durch eine 1% wässrige Lösung des Salzes hindurch geblasen wurde; der Ammoniacgehalt der Luft in 2 war so groß, daß Lackmuspapier beim län-

gerem Aufblasen der aus einer feinen Oeffnung strömenden Luft gebläuet wurde. Die Entwickelung der Pflanze ging ebenfalls ohne Störung vor sich; die Blätter waren etwas kleiner, als bei 1., aber gedrungener, kräftigerer und von dunkler grüner Farbe; Blüthen auch hier nicht entwickelt. Am 11. August 40 ausgebildete Blätter und 7 Seitentriebe: Wurzel hier ebenfalls viel zahlreicher und stärker, als bei 1. Die Ernte ergab folgende Resultate:

	Gewicht der Trockenmasse. Grm.	Gehalt an Asche. Grm.	Gehalt an Stickstoff. Grm.
Nr. 1	4,140	0,616	0,106
Nr. 2	6,740	1,078	0,208
bei 2 also mehr erzeugt:	2,600	0,462	0,102
in %:	62	75	96

Dieser Versuch zeigt also, daß das kohlensaure Ammoniac durch die Blätter aufgenommen und daß hierdurch nicht nur der Stickstoffgehalt der Pflanzen, sondern auch die organische Substanz und die Aschenmenge bedeutend erhöht wird: es hat somit die erhöhte Blattthätigkeit auch eine erhöhte Wurzelthätigkeit zur Folge.

§. 45.

5. In welchen Verbindungen wird das Ammoniac von den Wurzeln aufgenommen?

Wir bringen das Ammoniac in verschiedenen Verbindungen zum Boden, als kohlensaures, salpetersaures, schwefelsaures, salzsaures u. s. w. und es fragt sich, ob dasselbe in all diesen Formen von den Pflanzen aufgenommen werden kann, oder ob es vorherrschend eine oder einige Verbindungen sind, in denen dasselbe in die Pflanzen gelangt. Die Frage läßt sich hier noch nicht vollständig beantworten, da, wenn dies geschehen soll, vorher untersucht werden muß, ob die Verbindungen, in welchen das Ammoniac zum Boden gebracht wird, als solche in demselben verbleiben oder nicht, und welche Verbindungen im letzteren Falle entstehen. Diese Untersuchung gehört in das Kapitel über das Absorptions-Vermögen der Ackererde und wird da speciell vorgenommen werden, weshalb ich derselben hier nicht vorgreifen kann.

In Betreff der gestellten Frage sei hier zunächst soviel angeführt, daß gewisse Verbindungen von vornherein auszuschließen sind. Die Pflanze kann z. B. ihren ganzen Stickstoff, oder nur den größten Theil desselben nicht in Form von schwefelsaurem Ammoniac oder Chlorammonium aufnehmen; wäre dies der Fall, so müßten wir auch in den Pflanzen diese Säuren in demselben Verhältnisse, in dem sie in den genannten Ammoniacsalzen enthalten sind, finden, denn daß die Pflanzen das Ammoniac z. B. als schwefelsaures aufnehmen und die Schwefelsäure wieder ausscheiden sollten, ist durchaus nicht anzunehmen. Wir finden aber in den Pflanzen nur eine Menge von Schwefelsäure und Chlor, welche, im Verhältniß zu der Stickstoffmenge der Pflanzen, lange nicht dem Verhältnisse entspricht, in dem diese Körper in den entsprechenden Ammoniacsalzen vorkommen; folgende Rechnung wird dies darthun.

Nach Boussingault enthalten 100 Kilogr. Getreidegarben (Stroh und Körner) 800 Grm. Stickstoff und 4225 Grm. Asche, in welcher 42 Grm. Schwefelsäure und 22 Grm. Chlor enthalten ist; in den Ammoniacsalzen entsprechen 100 Th. Stickstoff 283 Th. Schwefelsäure und 257 Th. Chlor. Sollte nun der Stickstoff von diesen 100 Kilogr. Getreide in Form von schwefelsaurem Ammoniac oder Salmiac in die Pflanzen gelangt sein, so hätten dieselben, um

800	Grm.	Stickstoff	zu	erhalten,	2264	Grm.	Schwefelsäure	oder	2056	Grm.	Chlor,
700	„	„	„	„	1980	„	„	„	1799	„	„
600	„	„	„	„	1698	„	„	„	1542	„	„
500	„	„	„	„	1415	„	„	„	1285	„	„
400	„	„	„	„	1132	„	„	„	928	„	„

aufnehmen müssen. Wir finden eben nur 42 Grm. Schwefelsäure und 22 Grm. Chlor in den Pflanzen, somit kann der in denselben befindliche Stickstoff nicht in Form von schwefelsaurem Ammoniac oder Salmiac in dieselbe gelangt sein.

Dasselbe, was soeben von den Cerealien gezeigt ist, gilt ebenso für die Wiesenpflanzen u s. w. In Betreff der Wiesenpflanzen nur noch folgende Zahlen: 100 Kilogr. Heu enthalten 1500 Grm Stickstoff und 6500 Grm. Asche, und in dieser 169 Grm. Schwefelsäure und 162 Grm. Chlor. Wenn nur der 5. Theil des Stickstoffs in Form von schwefelsaurem Ammoniac oder Salmiac in die Pflanzen gelangt sein sollten, so müßten sie 849 Grm. Schwefelsäure oder 771 Grm. enthalten.

Aus dieser Thatsache folgt entweder, daß der in Form von schwefelsaurem Ammoniac oder Salmiac den Pflanzen dargebotene Stickstoff nur in sehr geringen Mengen von den Pflanzen aufgenommen werden kann, also auch nur eine äußerst geringe Quelle für den Stickstoff derselben ist, oder daß diese Salze vorher im Boden umgesetzt und dann das Ammoniac in anderer Verbindung von den Pflanzen aufgenommen wird. Wäre ersteres der Fall, so wäre es vollständig falsch, daß wir bei der Zersetzung des Stall-

düngers das sich bildende kohlensaure Ammoniac z. B. durch Schwefelsäure oder ein schwefelsaures Salz, wie Gyps, als schwefelsaures Ammoniac fixirten, da wir es ja dadurch in eine Form brächten, in welcher es den Pflanzen doch nur wenig Stickstoff liefern kann.

Das als schwefelsaures, salzsaures u. s. w. zur Ackerkrume gebrachte Ammoniac bleibt aber in derselben nicht in dieser Verbindung, sondern wird sehr bald zersetzt und anderweitig gebunden. Wie dies geschieht, unterlasse ich hier zu besprechen, da es, wie schon angeführt, speciell im Kapitel über das Absorptions-Vermögen der Ackererde erfolgt. Daher ist es durchaus kein Fehler, das kohlensaure Ammoniac des Düngers durch Schwefelsäure oder ein schwefelsaures Salz zu fixiren, oder das Ammoniac als schwefelsaures dem Boden direct als Düngungsmittel zuzuführen.

Daß eine Umsetzung der Ammoniacsalze im Boden erfolgt, läßt sich schon durch folgendes einfaches Experiment zeigen: Mischt man mäßig feuchte Erde mit kohlensaurem Kalke und schwefelsaurem Ammoniac oder Salmiac, so bemerkt man sehr bald, daß kohlensaures Ammoniac frei wird, daß also zwischen kohlensaurem Kalk und schwefelsaurem Ammoniac eine Umsetzung der Art stattgefunden hat, daß schwefelsaurer Kalk und kohlensaures Ammoniac gebildet worden sind. — Werden Gyps und kohlensaures Ammoniac in Lösung zusammengebracht, so erfolgt das Gegentheil: es entsteht kohlensaurer Kalk und schwefelsaures Ammoniac.

Ich hebe hier gleich noch hervor, ohne aber die nöthigen Beweismittel dafür zu liefern, was aber später geschehen wird, daß das Ammoniac von den Wurzeln vor Allem als kohlensaures und salpetersäures aufgenommen wird.

§. 46.

6. Reicht der in den meteorischen Niederschlägen in Form von Ammoniac und Salpetersäure enthaltene Stickstoff hin, um die Pflanzen mit dem ihnen nothwendigen Stickstoff zu versehen?

Die Beantwortung dieser Frage ergiebt sich sowohl durch Rechnung wie durch die Resultate direct angestellter Versuche, beide Wege führen zur Verneinung der gestellten Frage.

α. Beantwortung der Frage durch Nachweis des Bedarfs der Pflanzen an Stickstoff und des Gehaltes der atmosphärischen Luft an Stickstoff-Verbindungen.

Für diese Rechnung haben wir zunächst den Bedarf der Pflanzen an Stickstoff festzustellen.

Ich benutze hierzu einige Angaben von Boussingault; derselbe erntete bei einer Fruchtfolge von Kartoffeln, Weizen, Klee, Weizen und Stoppelrüben, Hafer zu Bechelbronn pro Morgen folgende Mengen von Stickstoff, in Pfunden ausgedrückt:

Erstes Jahr	Kartoffeln	23,6 Pfd.,
Zweites „	Weizen	13,4 „
	Weizenstroh . . .	4,6 „
		18,0 Pfd.,
Drittes „	Klee	43,2 „
Viertes „	Weizen	16,6 „
	Weizenstroh . . .	5,7 „
	Stoppelrüben . .	6,2 „
		28,5 Pfd.,
Fünftes „	Hafer	11,8 „
	Haferstroh	2,6 „
		14,4 Pfd.,
In Summa in 5 Jahren	. . . .	127,7 Pfd.,
somit durchschnittlich jährlich	. . . .	25,5 „

Bei der bezeichneten Fruchtfolge werden also dem Morgen jährlich durchschnittlich 25,5 Pfd. Stickstoff entzogen, es ist dies aber nicht der sämmtliche in dem Jahre fixirte Stickstoff, denn der in den Ernterückständen enthaltene ist hierbei noch nicht in Rechnung gezogen worden.

Vergleichen wir mit dieser dem Morgen entzogenen Stickstoffmenge die demselben durch die meteorischen Niederschläge in gebundener Form zugeführte, so zeigt sich, daß diese bedeutend weniger beträgt, als jene. Nach den Untersuchungen von Boussingault gelangen durch die meteorischen Wasser bei einem durchschnittlichen Regenfall von 24 Zoll 1,1 Pfd. Ammoniac, ent-

sprechend 0,9079 Pfd. Stickstoff und 1,7 Pfd. Salpetersäure mit 0,442 Pfd. Stickstoff, in Summen also 1,3499 Pfd., auf den preußischen Morgen. — Nach Way, welcher ein ganzes Jahr hindurch die Regenmenge und die in derselben befindliche Quantität von Ammoniac und Salpetersäure bestimmt hat, beträgt das im Jahre zu einem preuß. Morgen gelangende Ammoniac 5,14 Pfd. mit 4,2 Stickstoff, und die Salpetersäure 1,58 Pfd. mit 0,4 Pfd. Stickstoff, im Ganzen also 4,6 Pfd. — Wenn wir ferner noch die Bestimmungen von Barral, welcher dieser in Paris gemacht hat und dessen Angaben somit Maximal-Angaben sind, anführen, so kommen hiernach jährlich auf den preuß. Morgen 7,80 Pfd. Ammoniac mit 6,43 Pfd. Stickstoff und 13,04 Pfd. Salpetersäure mit 3,39 Pfd. Stickstoff, in Summa also 9,82 Pfd.; dieser Rechnung ist auch ein durchschnittlicher Regenfall von 24 Zoll zu Grunde gelegt.

Bedenken wir hierbei noch, daß nicht alles Ammoniac, welches durch den Regen zum Boden geführt wird, demselben wirklich verbleibt, sondern daß ein Theil desselben wieder verdunstet und so in die Atmosphäre zurückkehrt, so sehen wir, daß die angeführten Zahlen die wirklichen Ammoniacmengen, welche durch die meteorischen Wasser zur Ackerkrume gelangen, noch nicht einmal repräsentiren.

Andererseits ist aber noch hervorzuheben, daß die Pflanzen, wie wir oben gezeigt haben, die Fähigkeit besitzen aus der Atmosphäre durch die Blätter kohlensaures Ammoniac aufzunehmen, wodurch natürlicherweise die Stickstoffmenge, welche ihnen durch die atmosphärischen Niederschläge zukommt, vermehrt wird. Bedeutend kann aber diese Stickstoffzufuhr nicht sein, da der Gehalt der atmosphärischen Luft an Ammoniac nur ein geringer ist. Nach den Untersuchungen von Ville, welcher die Luft in der Mitte von Paris 30' über der Erde untersucht hat, beträgt die Ammoniacmenge, welche in der Luftsäule, die auf einem preußischen Morgen ruht, enthalten ist, wenn der Ammoniacgehalt in allen Schichten gleich wäre, nur 1,326 Pfd. mit 1,105 Pfd. Stickstoff. Da aber der Ammoniacgehalt der Luft auf dem Lande geringer als der in Paris ist, so repräsentiren die oben angeführten Zahlen noch nicht einmal die Ammoniacmenge der Luft, welcher über einem Morgen des freien Landes ruht. Während so also der Ammoniacgehalt der Luft, welche die Pflanzen umgiebt, nur äußerst unbedeutend ist, ist ferner auch die Aufnahmefähigkeit der Pflanzen für das Ammoniac aus der Luft nur eine beschränkte und den einzelnen Pflanzen in verschiedenem Grade zukommende. So nahmen nach den Versuchen von

Sachs, welche wir oben besprochen haben, die blattreichen Bohnenpflanzen aus der an Ammoniac so reichen Atmosphäre des Versuchs auf 100 Grm. Trockenmasse berechnet, nur 0,54 Grm. Stickstoff mehr auf, als die in der an Ammoniac freien Atmosphäre befindlichen; es war somit durch die in der an Ammoniac reichen Atmosphäre befindlichen Blätter innerhalb zweier Monate der Stickstoffgehalt der Pflanzen nur um $^1/_5$ vermehrt worden. Daß eine von der atmosphärischen Luft umgebene Bohnenpflanze aus derselben bei der ungeheuren Verdünnung, in welcher das Ammoniac in derselben enthalten ist, nicht eine gleiche Menge Stickstoff aufnehmen wird, bedarf des weiteren Beweises nicht, und wäre auch dies der Fall, so würde dadurch noch lange nicht der Stickstoffbedarf der Culturpflanzen gedeckt sein. Hierzu kommt noch, daß ja durch die meteorischen Niederschläge die Luft zum größten Theile von dem in ihr befindlichen Ammoniac befreiet wird, und somit nicht einmal immer dieselbe Ammoniacmenge in ihr enthalten ist, welche ihren Einfluß auf die Pflanzen äußern kann.

§. 47.

β. Direct angestellte Versuche.

Diese Versuche, welche in der Art angestellt wurden, daß den betreffenden Pflanzen die nöthigen Aschenbestandtheile gegeben wurden, während dagegen im Boden kein Stickstoff enthalten war, so daß sie in Betreff ihres Stickstoffbedarfs allein auf den in der Atmosphäre befindlichen Stickstoff angewiesen waren, haben das, was die oben angestellte Rechnung dargethan hat, vollkommen bestätigt; denn sie haben alle gezeigt, daß die Pflanzen, welchen nur der in der Atmosphäre befindliche gebundene Stickstoff zugänglich war, kümmerlich gediehen und ihre Vegetation durchaus nicht mit derjenigen zu vergleichen ist, welchen noch durch den Dünger Stickstoff zugeführt wird. Wir haben früher mehrere derartige Versuche kennen gelernt; außer diesen liegen noch viele andere von verschiedenen Forschern, wie Kuhlmann, Davy, Schattenmann, Schulz, Wolff, mir und Anderen vor; ich führe die Resultate derselben hier aber nicht speciell mehr an, da die früher angeführten die gestellte Frage vollständig beantworten; alle diese Versuche bestätigen die Resultate der obigen.

Wir haben somit gesehen, daß der gebundene Stickstoff der atmospärischen Luft durchaus nicht hinreicht, um die Pflanzen mit dem ihnen nöthigen Stickstoff zu

versehen; hieraus folgt, daß wir denselben im Boden eine Stickstoffquelle eröffnen, daß wir dem Boden durch die Düngung Stickstoff zuführen müssen.

---

§. 48.

Kurze Wiederholung.

1. Der freie Stickstoff der Luft ist keine Stickstoffquelle für die Pflanzen.

2. Die beiden Verbindungen, in denen die Pflanze den Stickstoff aufnehmen kann, sind Salpetersäure und Ammoniac.

3. Die Salpetersäure ist in der Natur ganz allgemein verbreitet; sie entsteht

a. Bei der Zersetzung organischer, stickstoffhaltiger Körper in Gegenwart starker Basen.

b. Durch die Verbindung von Ozon mit dem Stickstoff der Luft.

c. Bei der Verbrennung kohlenwasserstoffhaltiger, organischer Körper in der atmosphärischen Luft und der Verdunstung von Wasser, wobei das Wasser zerlegt und die beiden Bestandtheile desselben, der Wasserstoff und Sauerstoff sich mit dem Stickstoff der Luft zu salpetrigsaurem Ammoniac vereinigen.

d. Beim Durchströmen von atmosphärischer Luft durch poröse Massen — lockere Erde, — in denen sich starke Basen befinden.

4. Die Salpetersäure begünstigt die Entwickelung der Pflanzen in hohem Grade.

5. Der Aufnahme derselben geht keine Verwandlung in Ammoniac voraus: sie wird als solche aufgenommen.

6. Das Ammoniac ist in der Natur ebenfalls ganz allgemein verbreitet; es entsteht:

a. Durch die Zersetzung stickstoffhaltiger, organischer Körper; bei derselben bleibt aber nicht aller Stickstoff in gebundenem Zustande, sondern ein Theil desselben wird als solcher frei.

b. Bei der Verbrennung kohlenwasserstoffhaltiger, organischer Körper und bei der Verdunstung von Wasser; siehe 3 c.

7. Das Ammoniac wird als solches von den Pflanzen assimilirt, und dient denselben so als directe Stickstoffquelle; dies beweisen:

a. Die direct angestellten Versuche, bei denen die Bedingungen für eine Umwandlung von Ammoniac in Salpetersäure fehlten, und bei denen sich die günstigen Wirkungen des Ammoniac auf die Entwickelung der Pflanzen in jeder Art zeigte.

b. Das Vorkommen von Ammoniac in den verschiedensten bis jetzt untersuchten Pflanzen in den verschiedenen Stadien der Entwickelung derselben.

8. Die Aufnahme des Ammoniac erfolgt sowohl durch die Wurzeln als auch durch die Blätter.

9. Die vorherrschenden Verbindungen, in denen das Ammoniac von den Wurzeln aufgenommen wird, sind die mit Kohlensäure und Salpetersäure; die Blätter nehmen dasselbe als kohlensaures auf.

10. Das zum Boden in verschiedenen Verbindungen gebrachte Ammoniac wird in demselben zerlegt und in neue Verbindungen übergeführt.

11. Der in der atmospärischen Luft in gebundener Form vorhandene Stickstoff — die Salpetersäure und das Ammoniac — reicht nicht hin, um unsere Pflanzen mit dem ihnen nothwendigen Stickstoff zu versehen.

Anhang I.

§. 49.

Da mehrere Versuche zur Beantwortung der Frage angestellt worden sind, ob die Pflanze den Stickstoff auch in Form einer organischen Verbindung aufnehmen kann, diese Versuche aber noch nicht zum vollen Abschluß gekommen sind, so führe ich die bis jetzt gewonnenen Resultate hier im Anhang an.

C. A. Cameron stellte zuerst Versuche mit Harnstoff, cyanursaurem Kali und Natron, G. Ville mit Harnstoff, Methylamin und Aethylamin an; beide Experimentatoren schließen aus ihren Versuchen, daß die Pflanzen diese Körper aufnehmen und den Stickstoff derselben assimiliren können. Da aber bei den Versuchen nicht nachgewiesen ist, daß die Körper wirklich als solche aufgenommen sind, so entbehren sie der Beweiskraft für die angeregte Frage.

Darauf wurden im Jahre 1865 von Hampe Versuche mit Harnstoff und Harnsäure zu Mais in wässrigen Lösungen gemacht

und bei demselben in den Pflanzen (Wurzeln, Blättern und Stengeln), salpetersaurer Harnstoff nachgewiesen, was sonach eine directe Aufnahme des Harnstoffs darthut. Die Pflanzen gediehen in den Lösungen üppig.

Schließlich sind noch von Knop und W. Wolf Versuche mit Harnstoff, Amidosäuren und verschiedenen Alkaloiden angestellt worden, welche bis jetzt aber negative Resultate ergeben haben.

Wir haben somit bis jetzt einen Versuch, welcher die directe Aufnahme des Harnstoffs darthut; daher glaube ich, daß erst noch mehrere dieses Resultat bestätigende Versuche abzuwarten sind, bevor mit Sicherheit der Harnstoff mit in die Reihe der Stickstoffquellen der Pflanzen aufgenommen werden kann. — Da der Harnstoff im Stalldung enthalten ist, so wäre der sichere Nachweis der directen Aufnahme desselben durch die Pflanze gewiß von Bedeutung.

Anhang II.

§. 50.

Salpetersäure-Gehalt des Regens, Nebels, Thaues, Quell-, Fluß- und Seewassers, sowie des Bodens.

a. Des Regens.

Salpetersäure-Gehalt des auf der pariser Sternwarte gesammelten Regens nach Barral.

In einem Kubikmeter (= 1000 Litr., = 875 pr. Quart) wurden gefunden:

Im	Monat	Januar	7,641	Grm.	Salpetersäure,
„	„	Februar	11,774	„	„
„	„	März	6,862	„	„
„	„	April	3,567	„	„
„	„	Mai	5,574	„	„
„	„	Juni	1,837	„	„
also durchschnittl. . .			6,209	Grm.	Salpetersäure in 1 Kubikmeter.

Nach Way, Regen aufgefangen zu Rothamsted:

Name der Monate.	1855. In einer Gallone. Granes.	1856. In einer Gallone. Granes.	1856. Gefallene Regenmasse. Gallons.	1856. Salpetersäure in derselben. Granes.	
Januar . .	0,017	0,025	62952	1561	
Februar . .	0,042	0,018	30586	544	
März . . .	0,021	0,035	22722	806	
April . . .	0,035	0,018	59083	1063	
Mai . . .	0,035	0,028	106474	3024	
Juni . . .	0,080	0,047	43253	2046	
Juli . . .	0,017	0,035	33561	1191	
August . .	0,060	0,035	59859	2125	
September .	0,021	0,035	49477	1756	
October . .	0,036	0,032	65033	2075	
November .	0,018	0,043	32181	1371	
December . .	0,017	0,040	50870	2035	
Mittel .	0,0333	0,0326	616051	19597	Summa

Nach Bobierre, Regen aufgefangen zu Nantes in verschiedenen Höhen.
In einem Kubikmeter:

	50 Meter hoch: Grm.	7 Meter hoch: Grm.
Januar . . .	5,790	3,200
Februar . .	—	—
März . . .	7,115	5,980
April . . .	2,309	1,813
Mai . . .	3,501	1,998
Juni . . .	13,218	10,237
Juli . . .	—	—
August . . .	15,520	16,000
September . .	9,999	5,720
October . . .	4,989	3,198
November . .	6,278	5,574
December . .	4,890	3,100
Mittel . .	7,360	5,682

Nach Boussingault, der Regen zu Paris aufgefangen.

Im Liter:

Am 19. December 1857	1,00	Milligr.,
„ 4. Januar 1858	0,37	„
„ 10. „ „	1,36	„
„ 13. „ „	1,10	„
„ 14.—20. Januar 1858	2,11	„
„ 20.—25. „ „	1,00	„
„ 30. „ „	0,44	„
„ 30.—31. „ „	1,14	„
„ 31. Jan.—20. Febr. „	0,76	„
„ 20.—23. „ „	0,44	„
„ 23.—24. „ „	0,68	„
„ 2. März 1858	0,76	„
Im April 1858	2,00	„
Mittel . . .	1,02	Milligr. pro Liter.

b. Im Schnee.

α. Nach Way, Schnee gesammelt zu Rothamsted, 1856.

Am 27. November in einer Gallone	0,053	Grane,
„ 5. December „ „ „	0,0461	„

β. Nach Boussingault, 1858.

In 1 Liter Schneewasser:

Am 27. Februar	4,00	Milligr.
„ 28. „ und 1. März	1,55	„
„ 6. März (bei Tage) . .	2,56	„
„ 6.—7. März (bei Nacht) .	0,95	„
„ 9. März	0,32	„
„ 10. „	0,58	„
Mittel	1,66	Milligr.

c. Im Nebel.

α. Nach Way, gesammelt zu Rothamsted, 1856.

pr. Gallone:

Am 22. October, Frost mit Nebel . . .	0,071	Grane,
„ 27. „ „ „ „ . . .	0,071	„
„ 28. „ „ „ „ . . .	0,089	„
„ 30. „ Nebel mit etwas Regen	0,088	„
„ 5. December, „ „ „ „	0,053	„
Mittel	0,0744	Grane.

β. Nach Boussingault.

Im Liter:

Im Wasser des October- und Novembernebels 1857	3—9	Milligr.
Am 14.—16. November, Nebel im Rheinthale . . .	50	„
„ 23. Januar 1858, Nebel zu Paris	138	„
„ 25. October 1857, „ „ Liebfrauenberg . .	0,39	„
„ 26. „ „ „ „ „ . .	1,19	„
„ 28. „ „ „ „ „ . .	0,72	„
„ 18. November „ „ „ „ . .	0,96	„
„ 25. December „ „ „ „ . .	1,08	„
„ 26. „ „ „ „ „ . .	1,83	„
Mittel des Nebels zu Liebfrauenberg . .	1,03	Milligr.

d. Thau.

Nach Boussingault, gesammelt zu Liebfrauenberg.

Im Liter:

Am 16. September 1857 . .	0,12	Milligr.,
„ 18—28. Sept. „ . .	0,07—0,27	„
„ 1.—28. Octbr. „ . .	0,05—1,12	„
„ 5.—9. Novbr. „ . .	0,43—0,68	„
„ 16.—17. „ „ . .	0,58	„

e. Flußwasser.

α. Nach Deville. In einem Kubikmeter:

	Salpetersaures Kali. Grm.	Salpetersaures Natron. Grm.	Salpetersaure Magnesia. Grm.
Seinewasser bei Bercy . .	9,4	—	5,2
Rheinwasser bei Straßburg .	3,8	—	—
Rhonewasser bei Genf . . .	4,0	4,5	—
Doubswasser bei Rivotte . .	4,1	3,9	--

β. Nach Boussingault. In einem Kubikmeter: salpetersaures Kali:

Wasser der Seltz } Nebenflüsse des Rheins . .	0,7	Grm.,
„ „ Sauer }	0,8	„
„ „ Seine, im Mittel von 6 Bestimmungen	9,0	„
„ „ Vesle, in der Champagne	12,0	„

Hiernach führt die Seine binnen 24 Stunden bei niederem Wasser (in der Secunde 75 Kubikmeter) 29000 Pfd. Salpeter in's Meer, und bei mittlerem Wasserstande (in der Secunde 275 Kubikmeter) 97200 Pfd. $\left(\frac{60.60.24.250.9}{2.}\right)$.

γ. Nach Knop und Wolf.

Im Liter:

Wasser aus der Elster im Juni 0,0166 Grm.,
" " " " " Juli 0,0146 "

f. Seewasser.

Nach Boussingault:

Im Liter:

Sternsee in den Vogesen; 21. October 1856 . . . . 0,1 Milligr.,
Sulzbacher See bei Wörth (Vogesen); am 24. Aug. 1856 0,03 "
Lerensee; 23. October 1856 . . . . 0,07 "

g. Quellwasser.

α. Nach Deville.

	In einem Kubikmeter:			
	salpetersaures Kali. Grm.	salpetersaures Natron. Grm.	salpetersaure Kalkerde. Grm.	salpetersaure Magnesia. Grm.
Quellwasser von Moulière	2,3	11,8	—	—
Quellwasser von Billecal	4,4	15,6	—	—
" " Bregille	2,3	4,8	8,1	—
" " Luzon	2,7	—	—	—
" " Arcueil	—	—	—	37,0

β. Nach Boussingault.

Im Liter:

Quellwasser von Liebfrauenberg . . . . 0,03 Milligr. Salpeter,
" der Ruine von Fleckenstein . . 0,14 " "
" vom Ebertsbrunnen . . . . . . 14,00 " "

Im Kubikmeter:

Brunnenwasser von Bechelbronn . . . . . Spur Grm. Salpeter,
" " Wörth . . . . 66,0 " "
" " Freischwiller . . . . . . 91,0 " "
" " Paris, und zwar
die Salpeterärmsten . 206—258 " "
und die Salpeterreichsten . 1031—2165 " "
" eines Gemüsegartens bei Paris . 1268 " "
" " Gartens in einer Vorstadt
bei Paris . . . 1546 " "

γ. Nach Knop und Wolf,

Im Liter:

Brunnenwasser in Möckern . . . 0,02 Grm. Salpetersäure.

h. Des Bodens.	Salpeter in einem Kubikmeter Erde (30 Ctr.) Grm.	Salpetermenge in der 1′ tiefen Ackerkrume eines preuß. Morgens. Pfd.
α. Nach Boussingault.		
Küchengarten des Klosters Liebfrauenberg; 9. Aug. 1856	316,5	569,7
„ „ „ „ nach 20tägigem Regen	13,0	23,4
Erde aus einem Nadelwalde bei Forette (Oberrhein); 27. October	Spur	Spur
Kieferwald auf dem Gipfel eines Berges der Vogesen	0,7	1,2
Sandboden aus dem Walde von Fontainebleau	3,27	5,8
Heideerde aus dem Walde bei Hatten a. Rh.; 15. Aug.	12,0	21,6
Wiesenerde von den Ufern der Sauer (Vogesen)	1,0	1,8
Erde von einer Weide bei Röddershof	11,0	19,8
„ „ einem Maisfeld bei Hörds am Rhein	0,8	1,4
„ „ „ Liebfrauenberger Weinberg	1,28	2,3
„ „ „ Rübenfeld am Ufer der Sauer	1,33	2,4
„ „ „ Weizenfeld bei Rheims	10,4	18,7
„ „ „ Acker aus der Tourraine	14,4	25,9
„ ebendaselbst, seit 5 Jahren mit salpeterfreier Muscheldüngung gedüngt	108,0	194,4
„ von verwittertem Mörtel	7,2	12,9
„ „ Mergel von La Chaisse, seit 3 Jahren an der Luft liegend	19,0	34,2
„ eines thonigen Mergels von Chaumont	25,0	45,0
Mondoner Erde, obere Schicht	16,0	28,8
„ „ untere „	Spur	Spur
Erde aus dem Gewächshause des Jardin des plants à Paris	804,0	1447,2
„ ebendaselbst	185,0	330,0
β. Nach Stöckhardt.		
Erde von sehr fruchtbarem, stark gedüngtem Oderbruchboden	90,0	160,0
„ von dessen Untergrunde	5,0	9,0
„ „ Oderbruchboden, seit 30 Jahren ungedüngt	29,0	50,0
„ von dessen Untergrunde	3,0	5,4
γ. Nach Knop und Wolf.		
Ackererde aus Möckern	90	160
Moorerde von Eilenburg	450	800
„ „ Köschlitz	360	640
Russische Schwarzerde	3	5,3
dito	9	16

Anhang III.

§. 53.

Ammoniac-Gehalt der Luft, des Regens, Nebels, Thaues, Quell-, Fluß- und Seewassers, sowie des Bodens.

a. Der Luft.

In 1 Million Gewichtstheilen Luft sind folgende Gewichtstheile Ammoniac enthalten:	Ungefähre Menge der dem Versuche unterworfenen Luft:
Nach Gräger 0,323 (Mühlhausen, Mai 1845) . . .	36 Kubikfuß,
„ Kemp 3,680 (300′ Fuß über dem irländischen Meer)	14 „
„ Fresenius 0,098 (Wiesbaden im Aug. und Sept. während des Tags)	13 „
„ Derselbe 0,169 (Wiesbaden im Aug. und Sept. während der Nacht)	13 „
„ Horsford 1,217 (im December untersucht) . .	?
„ Isidore Pierre 3,490 (Caën, Winter 1851, 12′ über der Erde)	90 „
„ Derselbe 0,500 (Caën, Mai 1852 bis April 1853, 25 Fuß über der Erde)	140 „
„ George Ville*) 0,02373 (Paris 1849, in Mitte eines großen Gartens)	20000 Liter bis
„ Derselbe 0,0211 (zu Grenelle bei Paris 1850) . .	30000 „
„ Bineau 0,2—0,25	55000 „

*) Die Ville'schen Bestimmungen sind Mittel von 16 Versuchen.

b. Des Regens.

α. Nach Boussingault; Regen aufgefangen zu Liebfrauenberg.

Datum.		Im Liter. Milligr.
27. Mai . .	Anhaltender Regen	0,31
28. „ . .	Regen	0,51
29. „ . .	Gewitterregen	0,35
30.—31. Mai	Anhaltender Regen	0,25
2. Juni . .	dito	0,25
5. „ . .	24stündiger Regen	0,49
21.—24. Juni	Anhaltender Regen	0,61

Datum.		Im Liter. Milligr.
30. Juni . .	Regen, untermischt mit Gewitterregen . .	0,43
1.–2. Juli .	Anhaltender Regen	0,58
13. Juli . .	Regen bis 9—10 Uhr Abends; heftiges Gewitter	0,68
16. " . .	Regen bis 9 Uhr Abends, mit Donner .	0,00
25. " . .	Heftiger Gewitterregen, in der Ebene viel Hagel	0,45
28. " . .	Regen um 6 Uhr des Morgens	0,69
29. " . .	" " 4 " " "	0,15
5. Aug. . .	Platzregen um 8 Uhr Morgens	2,48
14. " . .	Anhaltender Regen	0,76
15. " . .	Regen	1,86
17. " . .	"	1,36
24. " . .	"	3,38
26. " . .	"	1,32
27. " . .	"	2,13
28. " . .	"	0,49
29. " . .	"	0,37
31. " . .	"	0,79
2. Sept. . .	Gewitterregen	0,43
3. " . .	Regen während der Nacht	0,50
4. " . .	Regen mit Nebel	1,33
6. " . .	Regen während des Tages	0,21
6.—7. Sept. .	" " der Nacht	0,80
7. " .	" " des Tages	0,36
7.—8. " .	" " der Nacht	0,15
8. " .	" " des Tages	0,11
8.—9. " .	Nebel mit sehr feinem Regen während der Nacht	0,29
24. " .	Regen	1,52
25. " .	"	0,24
28. " .	Kalter Staubregen	3,38
29.—30.Sept.	Regen	0,36
1. Oct. . .	"	0,61
2. " . .	" mit Hagel	0,54
7. " . .	"	1,40
8. " . .	" mit Schloßen	0,60
9. " . .	" während der Nacht	0,53
12. " . .	" " " "	0,94
14. " . .	" " " "	0,25
16. " . .	"	0,90
17.—18. Oct.	" während der Nacht	0,72
	Im Mittel	0,665

Regen, gesammelt zu Paris.

Datum.		Im Liter. Milligr.
27. Mai . .	Regen	1,70
19.—25. Juli	"	1,82
25. Juli . .	"	1,56
28.—30. Juli	"	2,00
26. August .	"	1,06
	Im Mittel	1,628

β. Nach Way; Regen, aufgefangen zu Rothamsted.

Name der Monate.	1855. In einer Gallone. Granes.	1856. In einer Gallone. Granes.	1856. Gefallene Regenmenge Gallons.	1856. Darin enthaltenes Ammoniac. Granes.	
Januar . .	0,092	0,079	62952	5005	
Februar . .	0,104	0,136	30586	4175	
März . . .	1,086	0,093	22722	2108	
April . . .	0,123	0,146	59083	8614	
Mai . . .	0,080	0,127	106474	18313	
Juni . . .	0,135	0,113	43253	4870	
Juli . . .	0,061	0,085	33561	2869	
August . .	0,080	0,070	59859	4214	
September .	0,095	0,121	49477	5972	
October .	0,061	0,060	65033	3921	
November .	0,054	0,080	32181	2591	
December . .	0,067	0,080	50870	4070	
Mittel .	0,0865	0,0992	616051	66792	Summa.

γ. Nach Filhot; Regen aufgefangen in der Umgegend von Toulouse.

Im Liter:

Januar . .	0,00060	Grm.,
Februar . .	0,00082	"
März . .	0,00083	"
April . .	0,00044	"
Mai . . .	0,00055	"
Juni . .	0,00070	"
Mittel .	0,00065	Grm.

Regen aufgefangen in Toulouse.

Im Liter:

Januar . .	0,0026 Grm.,
Februar . .	0,0046 „
Mittel .	0,0046 Grm.

δ. Nach Barral.

In den Regenmessern der Pariser Sternwarte gesammelt.

In einem Kubikmeter:

Januar . .	2,530 Grm.,
Februar . .	9,646 „
März . . .	1,474 „
April . . .	3,531 „
Mai	1,135 „
Juni . . .	1,835 „
Mittel . .	3,717 „

ε. Nach Knop und W. Wolf.

Im Liter:

22. April bis 4. Mai 1860 .	0,00336 Grm.,
19. Mai	0,000286 „
24. „ Anfangs	0,001840 „
24. „ Folge	0,001289 „
27. „	0,000358 „
Anfang Juni	0,001670 „
1.—16. Juli	0,001770 „
18.—20. „	0,001070 „
28. „	0,001060 „
28. August	0,002125 „
Anfang bis 15. September .	0,000899 „

η. Nach Bobierre; in einem Kubikmeter:

	50 Meter hoch:	7 Meter hoch:
Januar .	5,225 Grm.,	6,698 Grm.,
Februar .	4,610 „	5,900 „
März . .	1,880 „	8,620 „
April . .	1,840 „	6,650 „
Mai . .	0,747 „	4,642 „
Juni . .	2,222 „	3,970 „
Juli . .	0,272 „	2,700 „
August .	0,257 „	2,112 „
September	1,432 „	5,512 „
October .	1,688 „	4,289 „
November	0,593 „	4,450 „
December .	3,178 „	15,665 „
Mittel .	1,997 Grm.	5,939 Grm.

c. Des Nebels.

Nach Boussingault.

Im Liter:

26.—27. October 1853, sehr dicker Nebel	5,28	Milligr.,
27.—28. " " Nebel von 9 Uhr Morg. bis 5 Uhr Abds.	7,21	"
1.—4. November 1853, Nebel während der Nacht	5,13	"
6.—7. " " " " " "	2,56	"
7. " " " " " "	3,00	"
8. " " " am Morgen . .	4,56	"
14.—16. " "	49,71	"
18.—23. Januar 1854, sehr dichter Nebel . .	137,85	"

d. Des Thaues.

α. Nach Keller.

In einem auf einer entlegenen Wiese gesammelten Thau im Kubikmeter 20,59 Grm.

β. Nach Boussingault.

Im Liter:

18.—19. August	3,14	Milligr.,	
9.—10. September . . .	6,20	"	
11.—12. " . . .	6,20	"	
21.—22. " . . .	6,20	"	
24.—25. " . . .	1,02	"	(Thau nach 2tägigem Regen.)
27.—28. " . . .	6,20	"	

γ. Nach Knop und Wolf; gesammelt zu Möckern.

Im Liter:

14. Mai Morgens 2—5 Uhr . .	0,002047	Grm.,
1. Juni " 4—5 " . .	0,001996	"
28. Juli " 4 " . .	0,002148	"

e. Des Schnees.

α. Nach Boussingault.

In einem Liter Schneewasser, im März 1855	0,70	Milligr.,
" " " " auf einer Terrasse gesammelt	1,78	"
" " " desselben Schnees, nachdem er 24 Stunden auf der Erde im Garten gelegen	10,34	"

β. Nach Filhol.

In einem Liter Schneewasser, Umgegend von Toulouse . .	0,60	Milligr.,
" " " desselben Schnees, nachdem er 36 Stunden gelegen	3,00	"

γ. Nach Knop und Wolf.

In einem Liter Schneewasser 18.—21. April 1860 . . . 2,86 Milligr.,
" " " " am 28. November . . . . . 1,10 "
" " " " vom 1.—15. Januar 1861 . 0,00 "

f. Des Flußwassers.

α. Nach Boussingault. Im Jahre 1852.

Name der Monate.		Im Liter. Milligr.
April . . .	Seinewasser, genommen bei Pont d'Austerlitz	0,12
" . . .	Seinewasser, genommen am Pont de la Concorde	0,16
September .	Seinewasser, genommen am Pont d'Austerlitz	0,09
Mai . . .	Wasser der Ourcq, genommen aus einem Bassin bei Vilette	0,03
" . . .	Wasser der Ourcq, genommen aus einem Bassin des Museums, in dem Meerespflanzen	0,00
März . . .	Wasser des Loing, gen. bei Montargis . .	0,14
April . . .	" der Bièvre, gen. am Port aux Triples, Paris	2,61
Mai . . .	Wasser des Sees von Enghien	0,07
Juni . . .	" " Rheins, gen. bei Lauterburg .	0,49
August . .	" " " " " " .	0,43
October . .	" " " " " " .	0,17
Juni . . .	" der Moder, gen. bei Haguenau . .	0,20
Juli . . .	" " Seltz, gen. bei Merkwiller . .	0,13
" . . .	" " Sauer	0,13
" . . .	" " " ent. nach einem Gewitter	0,13
" . . .	" " Lauter, gen. zu Wissemburg . .	0,31
August . .	" " " " " Lauterburg . .	0,37
	Mittel	0,18

Bei Lauterburg, wo der Rhein, nach Desfontaines, in der Sekunde bei mittlerem Wasserstande 1106 Kubikmeter Wasser vorbeiführt, werden, wenn man im Liter 0,17 Milligr. veranschlagt, in 24 Stunden 32490 Pfd. und im Jahre 12 Millionen Pfd. Ammoniac vorbeigeührt.

β. Nach Knop und W. Wolf.

Datum.		Im Liter. Milligr.
Am 15. April 1860	Das Wasser der Elster	0,7016
„ 15. Mai „	„ „ „ „	0,9030
„ 15. Juni „	„ „ „ „	1,5800
„ 15. Juli „	„ „ „ „	0,9900
„ 4. Aug. „	„ „ „ „	2,3500
„ 15. Sept. „	„ „ „ „	1,0500
	Mittel	1,2624

g. Des Meerwassers.

Nach Marchand in 1 Liter Wasser, 2 Lieues vor dem Hafen von Fécamp geschöpft . . . . 0,57 Milligr.,
Nach Boussingault in 1 Liter Wasser bei Dieppe geschöpft 0,20 „

h. Des Teichwassers.

Nach Knop und Wolf.

Datum.		Im Liter. Milligr.
Am 15. April 1860	Das Wasser eines Teiches bei Möckern	2,05
„ 15. Mai „	„ „ „ „ „ „	1,07
„ 15. Juni „	„ „ „ „ „ „	1,22
„ 28. Juli „	„ „ „ „ „ „	1,30
„ 15. Aug. „	„ „ „ „ „ „	1,42
„ 15. Sept. „	„ „ „ „ „ „	1,00
	Mittel	1,34

i. Des Quellwassers.

α. Nach Boussingault.

Datum.		Im Liter. Milligr.
April . .	Wasser eines Brunnens von Clignancourt bei Montmartre	0,31
„ . .	Wasser eines Brunnens in der Nähe des Hotel de Ville von Paris	34,35
Mai . .	Wasser eines Brunnens in Paris (Quai de la Mégisserie)	33,86

Datum.		Im Liter. Milligr.
Mai . .	Wasser eines Brunnens in Paris (Quai de la Mégisserie)	30,33
" . .	" eines Brunnens in Paris (Rue du Parc-Royal)	1,32
" . .	" eines Brunnens in Paris (Rue des Lavandières)	0,26
" . .	" eines Brunnens in Paris (Rue de la Tabletterie)	0,10
April . .	" eines Brunnens in Paris (Rue de Reuilly)	0,02
März . .	" eines Brunnens bei Louzouer	0,03
April . .	" " " von Montargis . . .	3,84
Juni . .	" " " des Gutes Huffel bei Haguenan	3,45
Juli . .	" eines Brunnens des Gutes Merckwiller am Niederrhein	0,00
" . .	" eines Brunnens des Gutes Bechelbronn am Niederrhein	0,06
Mai . .	" eines artesischen Brunnens zu Grenelle .	0,23
April . .	" einer Quelle bei Guermantes	0,00
" . .	" " " " Andilly (Montmorency)	0,00
" . .	" von Arcueil, gen. bei Paris	0,07
	" des Brunnens von Liebfrauenberg . .	0,03
	" " " " Seltzbach	0,03
	" der Schwefelquelle bei Enghien . . .	2,00
	" " Niederbronnerquelle, Niederrhein . .	0,88
	Wenn die ammoniacreichen und deshalb untrinkbaren Brunnen zu Paris außer Acht gelassen werden, so hat das Quellwasser durchschnittlich	0,18

β. Nach Knop und Wolf.

Beide Chemiker fanden in 9 Brunnen zu Möckern und 2 Brunnen zu Leipzig keine Spur von Ammoniac; in 2 andern Brunnen in Leipzig eine geringe nicht mehr in Zahlen ausdrückbare Menge.

k. Des Bodens.

Bezeichnung der Erden.	Ammoniac-Gehalt in % des wasserfreien Bodens.	Ammoniac in der 1' tiefen Ackerkrume eines preuß. Morg. Zollpfund.	Namen der Analytiker.
Sandboden von Frankenfelde .	0,0010	26	Rammelsberg.
Wiesenerde aus der Wallachei .	0,0120	312	Wolff.
Walderde	0,0263	683	ders.
Ackererde aus Hohenheim . . .	0,0059	153	ders.
Tabacksboden aus Cuba . . .	0,0180	468	Meyer.
Kalkboden bei München . . .	0,0220	572	ders.
Boden aus dem Oderbruch . .	0,0058	152	Stöckhardt.
Untergrund desselben	0,0045	117	ders.
Sandboden von Bordeaux . .	0,0080	207	ders.
Guter Rübenboden von Magdeburg	0,0260	676	Hellriegel.
Gemüsegarten bei Cöln . . .	0,0263	683	Grouven.
„ „ Bickendorf . .	0,0182	473	ders.
Mergelboden von Hosbell . .	0,0118	306	ders.
Stark gedüngter Boden aus dem Versuchsgarten zu Heidelberg	0,0382	993	ders.
Ein leichter, wenig bindiger Sandboden	0,00077	16,4	Knop u. Wolf.
Walderde aus einem Buchenwalde	0,00087	18,5	dieselb.
Sandiger etwas humoser Lehmboden	0,00012	2,6	dies.
Walderde	0,00080	17,0	dies.
Wiesenerde	0,00017	3,6	dies.
Ackererde, in 22 Jahren nicht mit Stallmist gedüngt	0,0082	175,6	Handtke.
Ackererde, in 22 Jahren mit Stallmist gedüngt	0,0065	138,5	ders.
Ackerkrume eines Thonbodens .	0,0293	624,0	Way.
„ „ Londoner Thonbodens	0,0182	387,7	ders.
Untergrund desselben, $1^1/_2$—2' unter der Oberfläche . . .	0,0085	181,0	ders.
Untergrund eines Lehmbodens, aus 4' Tiefe	0,0083	177,1	ders.
Untergrund eines Londoner Thonbodens, aus $3^1/_2$, Tiefe . .	0,0127	260,5	ders.
Ackerkrume eines lehmigen Sandbodens	0,0080	170,4	E. Heiden.
Moder von Katzenow, Vorpommern	0,233	4962,9	ders.

Kapitel III.

Der Wasserstoff.

§. 54.

1. Die Quellen des Wasserstoffs.

Wie der Kohlenstoff und Stickstoff der Pflanzen nur aus Quellen stammen konnte, welche sich in deren unmittelbaren Umgebung befinden und welche allen Pflanzen zugänglich sind, so gilt dies auch vom Wasserstoff.

a. Das Ammoniac.

Eine Quelle für den Wasserstoffbedarf der Pflanzen haben wir schon im Ammoniac kennen gelernt, denn dies besteht ja aus Wasserstoff und Stickstoff und wird, wie wir gesehen haben, von den Pflanzen als solches assimilirt, somit wird durch das Ammoniac neben dem Stickstoff auch Wasserstoff in die Pflanzen eingeführt.

Der durch das Ammoniac eingeführte Wasserstoff genügt aber dem Bedürfnisse der Pflanzen an demselben nicht, denn

a. bestehen die meisten organischen Bestandtheile der Pflanzen nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, und
b. kommen im Ammoniac auf 82,35 Theile Stickstoff nur 17,65 Theile Wasserstoff.

Folgender Versuch von **Boussingault** möge ferner noch als Beweis des eben Gesagten dienen. **Boussingault** untersuchte den Weizen in verschiedenen Entwickelungsstufen auf seine elementaren Bestandtheile und fand in Betreff des Wasserstoffs und Stickstoffs Folgendes:

	Wasserstoff. Kilogr.	Stickstoff. Kilogr.
Am 19. Mai enthielt der auf 1 Hectare befindliche Weizen	40	12,4
„ 9. Juni „ „ „ „ „ „ „	163,1	23,7
also Zunahme vom 19. Mai bis zum 9. Juni .	123,1	11,3
Am 15. Aug. enthielt der auf 1 Hectare befindl. Weizen	317,3	42,0
also Zunahme vom 9. Juni bis zum 15. Aug. .	154,2	18,3
und Zunahme vom 19. Mai bis zum 15. Aug.	277,3	29,6

Während also vom 19. Mai bis zum 15. Aug. 277,3 Kilogr. Wasserstoff assimilirt waren, sind dagegen nur 29,6 Kilogr. Stickstoff in Pflanzenmasse verwandelt worden. Der den 29,6 Kilogr. Stickstoff im Ammoniac entsprechende Wasserstoff, wenn aller Stickstoff in dieser Form aufgenommen wäre, beträgt nur 6,3 Kilogr., somit muß wenigstens also der Rest, 271 Kilogr., aus einer anderen Quelle stamme.

a. Das Wasser.

Die andere Quelle für den Wasserstoff der Pflanzen aufzufinden, wird uns durchaus nicht schwer: diese ist das Wasser, welches bekanntlich aus Wasserstoff und Sauerstoff besteht. Daß diese Quelle vollständig ausreichend für den Bedarf der Pflanzen an Wasserstoff ist, geht aus der so allgemeinen Verbreitung des Wassers auf unserer Erdoberfläche hervor. Das Weltmeer nimmt allein 73,06 % der Erdoberfläche ein, wozu dann noch die Ströme, Flüsse, Binnenseen, Bäche, Quellen, Sümpfe u. s. w. kommen.

§. 55.

2. Wird das Wasser von den Pflanzen zerlegt oder nicht?

Ob das Wasser theilweise in den Pflanzen zerlegt und der Wasserstoff desselben allein assimilirt, während der Sauerstoff ausgeathmet wird und so der von den Pflanzen ausgeathmete Sauerstoff zum Theil auch auf Kosten des Wassers komme, oder ob dasselbe nur als solches assimilirt wird, ist bis jetzt noch nicht mit völliger Sicherheit zu entscheiden.

Die Hauptvertreter der Ansicht, daß keine Zerlegung stattfindet, sind ältere Physiologen, wie Sennebier, Saussure u. s. w. Die von Saussure zur Beantwortung der Frage angestellten Versuche können aber hier durchaus nicht entscheidend sein, wie eine kurze Besprechung derselben zeigen wird.

Saussure ließ Pflanzen während eines Monats unter mit an Kohlensäure freier Luft gefüllten Behältern vegetiren und untersuchte dann die in den Behältern befindliche Luft, wobei er fand, daß dieselbe an Sauerstoff nicht reicher geworden war. Da den Pflanzen bei diesen Versuchen aber auch der Kohlenstoff entzogen war, so können wir mit Sicherheit annehmen, daß ihre Vegetation in keiner Hinsicht eine normale gewesen ist, weshalb denn auch die Resultate ohne Beweiskraft für die gestellte Frage sind.

Die neueren Physiologen nehmen dagegen eine Zerlegung des Wassers an, wie v. Liebig, Johnston, Boussingault ꝛc. Von diesen Forschern hat Boussingault directe Versuche zur Lösung der Frage angestellt, nach welchem die Zerlegung des Wassers sehr wahrscheinlich ist.

Boussingault wandte bei diesen Versuchen eine andere Methode als seine Vorgänger an. Er ließ nämlich verschiedene Pflanzen Monate lang in einem an organischen Stoffen freien Boden in atmosphärischer Luft wachsen; die Gefäße mit den Pflanzen befanden sich in einem mit Glasfenstern versehenen Pavillon. Am Schluß des Versuchs wurden die Pflanzen der Elementar-Analyse unterworfen und so die Menge des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Sauerstoffs und Stickstoffs bestimmt, vorher war dieselbe Bestimmung mit Samen derselben Art und Beschaffenheit, resp. von ganz gleichen Pflanzen ausgeführt worden. Die Vergleichung der Stoffe, welche zu Anfang des Versuchs in den Samen, resp. Pflanzen vorhanden waren, mit denen, welche sich am Schluß desselben in den Pflanzen vorfanden, ergiebt die während des Versuchs aufgenommene Menge derselben. Die Pflanzen hatten nun während des Versuchs mehr Wasserstoff aufgenommen, als im Vergleich mit dem assimilirten Sauerstoff dem Verhältnisse beider im Wasser entspricht, wie dies die folgenden Zahlen darthuen:

	Assimilirter Sauerstoff.	Assimilirter Wasserstoff.	Wasserbildender Wasserstoff.	Excedirender Wasserstoff.
Klee . . .	1,226	0,176	0,153	0,023
Erbsen . .	1,237	0,215	0,155	0,060
Weizen . .	0,608	0,078	0,176	0,002
Versetzter Klee	0,444	0,097	0,155	0,042
Hafer . . .	0,804	0,087	0,100	

Bei den vier ersten Versuchen beträgt die Menge des assimilirten Wasserstoffs mehr als die für den assimilirten Sauerstoff zur Bildung von Wasser erforderliche; der Hafer allein macht hiervon eine Ausnahme. Bei den vier ersten Versuchen ist aber außer dem Kohlenstoff Sauerstoff und Wasserstoff, auch Stickstoff assimilirt, was bei dem Hafer der Fall nicht war. Nehmen wir an, daß dieser Stickstoff sämmtlich in Form von Ammoniac assimilirt sei, so ist durch dasselbe den Pflanzen ebenfalls noch Wasserstoff zugeführt worden. Diese dem assimilirten Stickstoff zur Bildung von Ammoniac entsprechende Menge Wasserstoff reicht aber auch nicht hin, um das Plus des assimilirten Wasserstoffs zu decken. Durch das Ammoniac würden an Wasserstoff aufgenommen sein.

1. Versuch.	2. Versuch.	3. Versuch.	4. Versuch.
0,009	0,015	0,001	0,005,

somit bleibt noch mehr aufgenommener Wasserstoff:

1. Versuch.	2. Versuch.	3. Versuch.	4. Versuch.
0,014	0,045	0,001	0,037.

Dieses Plus an Wasserstoff läßt sich, da der Boden durchaus frei von organischen Verbindungen war, nicht gut anders erklären, als durch die Annahme, daß von den Pflanzen eine entsprechende Menge Wasser zerlegt, der Wasserstoff desselben assimilirt und der Sauerstoff ausgeathmet ist.

Die Annahme der Fähigkeit der Pflanzen Wasser zu zerlegen, hat aber auch durchaus nichts gewagtes, wenn wir bedenken, daß die Pflanzen die Kohlensäure, welche den Sauerstoff schwieriger als das Wasser abgiebt, zu verlegen im Stande ist.

Wir können daher mit ziemlicher Sicherheit annehmen, daß die Pflanze das Wasser einerseits als solches aufnimmt und zum Aufbau ihrer vegetabilischen Substanz verwendet, andererseits dasselbe zerlegt, den Wasserstoff für sich assimilirt und den Sauerstoff desselben ausathmet.

Wir haben somit zwei Quellen für den Wasserstoff der Pflanzen kennen gelernt, nämlich das Ammoniac und das Wasser und können aus der so allgemeinen Verbreitung derselben, vor allem des letzteren, welcher ja auch den Hauptbedarf der Pflanzen decken muß, mit Sicherheit entnehmen, daß der Landwirth für das Wasserstoffbedürfniß der Pflanzen durchaus nicht zu sorgen hat.

Kurze Wiederholung.

1. Die Quellen für den Wasserstoffbedarf der Pflanzen sind Ammoniac und Wasser.

2. Das Wasser wird von der Pflanze sowohl als solches assimilirt, als auch sehr wahrscheinlicher Weise zerlegt und dann der Wasserstoff für sich in Pflanzenmasse verwandelt.

3. Beide genannten Quellen reichen durchaus für den Bedarf der Pflanze an Wasserstoff aus, so daß der Landwirth für eine Zufuhr desselben nicht Sorge zu tragen hat.

Kapitel IV.

Der Sauerstoff.

§. 56.

Der Sauerstoff unterscheidet sich von den bis jetzt betrachteten Elementen auf das Wesentlichste dadurch, daß er nicht nur als Material für die Stofferzeugung in den Pflanzen dient, sondern auch noch als directes Agens der vitalen, chemischen Processe in den Pflanzen von der größten Wichtigkeit ist.

1. Der Sauerstoff als Material für die Stofferzeugung in den Pflanzen.

a. Die Quellen für den Sauerstoffbedarf der Pflanzen.

Was zunächst die Aufsuchung der Quellen für den Sauerstoff der Pflanzen anbetrifft, so hat uns die bisherige Betrachtung schon verschiedene derselben kennen gelernt, nämlich die Kohlensäure, die Salpetersäure und das Wasser.

Die Kohlensäure, aus Kohlenstoff und Sauerstoff bestehend, ist, wie wir gesehen haben, die Haupt-, wenn nicht die einzige Quelle für den Kohlenstoff der Pflanzen. Die Betrachtung der Aufnahme der Kohlensäure durch die Pflanzen zeigte uns, daß dieselbe in den Pflanzen zerlegt, daß der Kohlenstoff derselben assimilirt, dagegen der Sauerstoff zum Theil wieder abgegeben werde.

Wenn wir ferner beim Wasserstoff sahen, daß wahrscheinlicher Weise nicht aller von den Pflanzen abgegebener Sauerstoff von der Kohlensäure stamme, sondern daß das Wasser auch einen Theil dazu beitrage, so genügt hier aber das Factum, daß die Pflanzen bedeutende Mengen von Sauerstoff abgeben, welches darthut, daß dieselben durch die Kohlensäure und das Wasser (resp. die Salpetersäure) wesentlich mehr Sauerstoff erhalten, als sie zum Aufbau ihres Organismus verwenden können. Aus dieser Thatsache geht hervor, daß wir uns nicht nach weiteren Quellen für den Sauerstoff der Pflanzen umzusehen brauchen.

§. 57.

b. Menge des von den Pflanzen ausgeschiedenen Sauerstoffs.

Ueber die Menge von Sauerstoff, welche von den Pflanzen ausgeschieden wird, habe ich früher nichts specielleres angegeben, da es mir hierher mehr zugehören schien. Absolut genaue Angaben über die Menge des von den Pflanzen exhalirten Sauerstoffs lassen sich zwar nicht machen, jedoch aber solche, welche annähernd als die richtigen anzusehen sind.

Als Grundlage für die hier anzustellende Rechnung benutze ich eine Arbeit von Boussingault, welche wir theilweise früher schon kennen gelernt haben. Boussingault hat die Menge von elementaren Stoffen, welche auf seinem Gute bei einer bestimmten Fruchtfolge jährlich auf dem Hectare erzeugt wird, bestimmt, und gefunden, daß bei der Fruchtfolge: Kartoffel, Weizen, Klee, Weizen mit Stoppelrüben, Hafer, in Form von Kartoffeln, Weizensamen und Stroh, Kleeheu, Hafersamen und Stroh eine organische Masse erzeugt war, welche in Kilogrammes besteht aus:

Kohlenstoff	Sauerstoff	Wasserstoff	Stickstoff
8383,1	7172,9	973,3	250,7.

Nehmen wir an, daß der assimilirte Kohlenstoff in Form von Kohlensäure, der assimilirte Stickstoff in Form von Ammoniac und der Rest von Wasserstoff, welcher nach Abzug des durch das Ammoniac in die Pflanze eingeführten verbleibt, als Wasser aufgenommen sei, so stellt sich die Rechnung folgendermaßen:

Zur Aufnahme von 8383,1 Kilogr. Kohlenstoff sind 30741,1 Kilogr. Kohlensäure mit 22358,0 Kilogr. Sauerstoff erforderlich; um 250,7 Kilogr. Stickstoff zu liefern, müssen an Ammoniac 304,4 Kilogr. assimilirt werden; diese enthalten 53,7 Kilogr. Wasserstoff; hiernach bleiben für den in Form von Wasser aufzunehmenden Wasserstoff 919,6 Kilogr. übrig; diese sind in

8276,4 Kilogr. Wasser enthalten, mit welchen zugleich 7356,8 Kilogr. Sauerstoff aufgenommen werden. Wenn wir jetzt diese Zahlen zusammenstellen, so erhalten wir:

Sauerstoff durch die Kohlensäure in die Pflanze eingeführt	22358,0 Kilogr.,
„ „ das Wasser „ „ „ „	7356,8 „
In Summa	29714,8 Kilogr.,
die Pflanzen enthalten an Sauerstoff	7172,9 „
Somit wird an Sauerstoff abgegeben	22541,9 Kilogr.

Hierzu kommen ferner noch die in den Ernterückständen enthaltenen organischen Stoffe.

Die organische Substanz der Ernterückstände enthielt an:

Kohlenstoff	Sauerstoff	Wasserstoff	Stickstoff
1806,4	1433,3	207,2	50,5

Zur Assimilation dieser Stoffe wurde in die Pflanze an Sauerstoff eingeführt:

1806,4 Kohlenstoff:	6624,1 Kohlensäure mit	4817,7 Sauerstoff,
50,5 Stickstoff:	61,3 Ammoniac,	
196,7 Wasserstoff:	1767,6 Wasser mit	1571,2 „
Summa des aufgenommenen Sauerstoffs		6388,9.
Assimilirter Sauerstoff		1433,3.
Also ausgeschiedener Sauerstoff		4955,6.

Die Summe des gesammten ausgeschiedenen Sauerstoffs beträgt sonach 27497,5 Kilogr. Diese Zahl gilt für die fünfjährigen Erzeugnisse eines Hectares, somit würden durchschnittlich jährlich 5499,5 Kilogr. von dem auf einem Hectare wachsenden Pflanzen an Sauerstoff ausgeschieden, was für den Morgen 2806 Pfd. (= 22871 Kubikfuß bei 0°) macht.

Berechnen wir hiernach die auf der ganzen Erdoberfläche, diese zu 2000000 Quadratmeilen angenommen, von der auf derselben befindlichen Pflanzenwelt ausgeschiedenen Menge von Sauerstoff, so ergiebt dies 1247100 Millionen Ctr. Eine Vergleichung dieser Menge des erzeugten Sauerstoffs mit der auf pag. 56 berechneten für den Verbrauch desselben durch das Athmen der Menschen und Thiere, durch den Verbrennungs- und Verwesungs-Proceß, welche 1256936 Millionen Ctr. ergeben hatte, zeigt eine Uebereinstimmung zwischen Verbrauch und Erzeugung von Sauerstoff, wie sie nicht besser gewünscht werden kann. Diese Uebereinstimmung in den beiden Rechnungen spricht gewiß in hohem Maße für die Richtigkeit der gewählten Grundlagen.

Zu dieser Rechnung muß noch bemerkt werden, daß die Annahme, daß der Kohlenstoff in Form von Kohlensäure von der Pflanze aufgenommen sei, wie wir früher gesehen haben, eine durchaus richtige ist; denn wenn auch geringe Mengen des Kohlenstoffs der Pflanzen vom Humus herrühren

sollten, so kann dies die Rechnung nicht wesentlich alteriren. Etwas anderes ist es mit dem assimilirten Stickstoff; wir wissen, daß dieser in Form von Salpetersäure und Ammoniac aufgenommen wird; hieraus folgt, daß die Rechnung hier nicht ganz genau ist; da aber nicht zu bestimmen ist, wie viel Stickstoff in Form von Ammoniac und wie viel in Form von Salpetersäure aufgenommen wird, so konnte der Rechnung nur eine von beiden Formen zu Grunde gelegt werden. Würde der Stickstoff nur in Form von Salpetersäure von der Pflanze aufgenommen, so wäre die Menge des von der Pflanze exhalirten Sauerstoffs, eine wesentlich größere.

Obgleich wir, wie die obige Rechnung dargethan hat, in der Kohlensäure und dem Wasser so überaus reichliche Quellen für den Sauerstoffbedarf der Pflanzen besitzen, daß beide nicht nur dem Bedürfniß derselben nach Sauerstoff befriedigen, sondern daß sogar noch die Pflanze so bedeutende Menge von dem durch sie erhaltenen Sauerstoff abgeben kann, so müssen wir hier doch noch einer anderen Sauerstoffquelle gedenken, welche für das pflanzliche Leben ebenso unentbehrlich ist, wie z. B. die Kohlensäure: dies ist die atmosphärische Luft; die Bedeutung und Beziehungen derselben zum Pflanzenleben sollen in den jetzt folgenden Paragraphen besprochen werden.

§. 58.

2. Der Sauerstoff als directes Agens der chemisch vitalen Processe in den Pflanzen.

Der Sauerstoff ist einer der wichtigsten Factoren der allgemeinen irdischen Stoff-Metamorphose: durch ihn vermag die Natur zu bilden und zu zerstören, zu erhalten und umzugestalten, das Lebendige zu fördern und aus dem Tode neues Leben hervorzurufen.

Ohne den Sauerstoff kann weder die Pflanze noch das Thier leben; ohne ihn bleiben die abgestorbenen Pflanzen und Thiere für immer todt; kurz ohne ihn ist überhaupt kein Leben, weder ein vor- noch ein rückwärts schreitendes möglich. Diese so hervorragende Rolle ist dem Sauerstoff durch seine so außerordentlich vielseitigen Beziehungen zu allen übrigen Stoffen gegeben.

Die Thätigkeit des Sauerstoffs bei dem Pflanzenleben beginnt, sobald wir den Samen zum Keimen in die Erde legen und dauert während des ganzen Lebens der Pflanze bis zur Fruchtreife fort. Um diese Thätigkeit des Sauerstoffs darzulegen, werde ich im Nachfolgenden kurz die Entwickelung der Pflanze vom Samen bis zur Fruchtbildung betrachten.

§. 59.

b. Das Keimen.

Schon Malpighi, welcher vor ungefähr 200 Jahren lebte, ferner Boyle, Muschenbroeck, Boerhave und Homberg wiesen nach, daß ohne atmosphärische Luft der Keimproceß nicht vor sich gehen könne. Als darauf der Sauerstoff entdeckt und als Bestandtheil der atmosphärischen Luft nachgewiesen war, erkannte man in dem Sauerstoff den wirksamen Bestandtheil der atmosphärischen Luft und jetzt wurde von Achard, Th. de Saussure, A. v. Humboldt und Anderen dargethan, daß die Keimung nur in einer Luft vor sich gehen kann, welche freien Sauerstoff enthält.

Was die Menge von Sauerstoff anbetrifft, welche die Samen zum Keimen gebrauchen, so zeigte Lefebure, daß die Keimung in einer Luft, welche $^1/_9$—$^1/_{16}$ enthalte, ebenso gut, wie in atmosphärischer Luft vor sich gehe, ja daß sogar in einer Luft, welche nur $^1/_{32}$ Sauerstoff habe, noch ein Keimen möglich sei, wenn auch der Keimungs-Proceß dadurch verlangsamert werde. Diese Resultate habe ich durch meine Versuche bestätigt gefunden. Im reinen Sauerstoffgase geht aber die Keimung, wie schon von Th. de Saussure angegeben wird, und wie ich durch viele Versuche ebenfalls gefunden habe, durchaus nicht schneller vor sich, als in atmosphärischer Luft.

Die erste wahre Erklärung über die Wirkung des Sauerstoffs beim Keimen ist von Th. de Saussure gegeben worden, welcher aus seinen Versuchen schließt, daß der Sauerstoff nicht von dem Samen verschluckt wird, sondern daß er zur Bildung von Kohlensäure mit dem Kohlenstoff der Samen dient, und daß der keimende Same, in der Berührung mit der atmosphärischen Luft, nicht aus seiner eigenen Substanz das kohlensaure Gas bildet, sondern daß er nur den Kohlenstoff liefert.

Sobald die Plumula, das Keimpflänzchen, entwickelt, ist der Proceß ein umgekehrter: die Pflanze nimmt jetzt Kohlensäure auf und haucht Sauerstoff aus. Dies findet jedoch nur statt, wenn die weitere Entwickelung der Pflanze unter der Einwirkung des Lichtes erfolgt; ist dieses ausgeschlossen, so geht der Proceß wie beim Keimen weiter: die Pflanze haucht Kohlensäure aus und nimmt Sauerstoff auf, wie dies ja aus der Art der Assimilation der Kohlensäure folgt. Directe Versuche hierüber sind von Boussingault angestellt worden, der aus denselben Folgendes schließt:

In völliger Dunkelheit wirkt nur die zerstörende Kraft und die Pflanze entwickelt, indem sie wächst, Kohlensäure und lebt nur so lange, als der in den Samen enthaltene Kohlenstoff anhält.

Von den Versuchen Boussingault's theile ich hier Folgendes mit:

10 Erbsen, 2,237 Grm. Trockensubstanz enthaltend, keimten im dunkelen Zimmer vom 5. Mai an und wuchsen schnell geil auf; sie waren blaßgelb, legten sich, als sie 15 Centimeter hoch waren, um, wuchsen aber fort bis zum ersten Juli, wo eine derselben zu welken begann; die Wurzeln waren 1 Meter lang.

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Asche.
Die Samen enthielten	1,040	0,137	0,897	0,094	0,069
Die Pflanzen „	0,473	0,065	0,397	0,072	0,069
Also Verlust . .	0,567	0,072	0,500	0,020	—

Somit betrug während des Wachsthums der Verlust 52,9 %, bestehend in Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff.

46 Weizenkörner, Vegetation vom 5. Mai bis zum 25. Juni; die Pflanzen gelblich weiß, 2—3 Decimeter lang.

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Asche.
Die Samen enthielten	0,758	0,095	0,718	0,057	0,038
Die Pflanzen „	0,493	0,043	0,282	0,057	0,038
Also Verlust . .	0,265	0,052	0,436	—	—

Also Totalverlust an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff = 42 %.

Am 26. Juni wurden 2 Bohnen gesäet; A. befand sich im dunklen Zimmer bei 25—30 ° C.; B. an der Luft. Am 22. Juli war A. 44 Centimeter lang und hatte an der Basis 5 Millimeter Durchmesser und 8—9 Centim. lange Wurzeln. B. war 22 Centim. lang, hatte 8 schön grüne Blätter und 5 verwelkte Cotyledenen. Die Analyse ergab:

	Gewicht.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Asche.
A. Same .	0,926	0,4082	0,0563	0,3747	0,0413	0,0455
A. Pflanze .	0,566	0,2482	0,0331	0,1981	0,0408	0,0456
Verlust .	0,360	0,1598	0,0232	0,1766	0,0005	—
B. Same .	0,922	0,4064	0,0560	0,3730	0,0411	0,0455
B. Pflanze .	1,293	0,5990	0,0760	0,5321	0,0407	0,0455
Zunahme	0,371	0,1926	0,0200	0,1591	0,0007	—

Bei A. also ein Totalverlust von 38,8%, bestehend in Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff und bei B. eine Zunahme von 40,2%, bestehend in Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Der letzte Versuch zeigt den Einfluß des Lichtes auf die Pflanze sehr schön.

Welche Processe gehen im Innern des Samens beim Keimen vor sich?

Ebenso nothwendig wie der Sauerstoff sind Wasser und Wärme für den Keimungs-Proceß. Der erste Act der Keimung ist die Aufnahme von Wasser, welches nach meinen Versuchen durch die ganze Oberfläche des Samens und nicht nur durch den Keimmund, wie unter andern von de Candolle angegeben ist, in den Samen eintritt. Das durch die Oberfläche des Samens eintretende Wasser dringt zuerst in die stickstoffhaltige Stoffe führenden Randzellen und in den Embryo und von da in den innern Theil des Samens, welchen bei den Cerealien und Leguminosen die vor Allem Stärkemehl führenden Zellen, bei den Cruciferen die vor Allem Oel enthaltenden Zellen ausmachen. Durch die Wasseraufnahme schwillt das Samenkorn an. Mit dem Wasser tritt zugleich Sauerstoff in den Samen. Wie viel Wasser in den Samen getreten sein muß, bevor der Sauerstoff seine Thätigkeit beginnen kann, ist bis jetzt noch nicht bekannt. Ebenso wenig ist der Zeitpunkt bestimmt, in welchem das Leben im Samen erwacht.

Was die Zeit anbetrifft, in welcher die einzelnen Samen keimen, so ist diese eine sehr verschiedene; nach R. Hoffmann gelangen die Samen der verschiedenen Pflanzen in folgenden Zeiten zum Keimen: In 24 Stunden: Leindotter, Hanf, weiße Rüben; in 48 Stunden: Weizen, Gerste, Roggen, Hafer, Buchweizen, Wicke und Mohn; in 72 Stunden: Saubohnen; in 96 Stunden: Mais, Hirse; in 120 Stunden: weiße Bohnen; Zuckerrüben erst in 10 Tagen. Hierzu bemerke ich, daß die Zeit zwischen dem Anfang der Wasseraufnahme u. s. w. und dem Hervortreten des ersten Würzelchens bei den Samen derselben Frucht durchaus nicht dieselbe ist; sondern daß hierbei verschiedene Factoren, wie Größe, Alter und Gestalt, influiren. Bei der Gerste z. B. keimt nach meinen Versuchen Hordeum distichum und Hexastichon in 3—4 Tagen, H. d. nudum und H. v. nudum in 3—5 Tagen, H. zeocriton in 4—7 Tagen und H. vulgare in 4—12 Tagen; ebenso ist die Zeit des Hervortretens der Plumula bei der Gerste eine verschiedene, so im Durchschnitt bei H. distichum, H. d. nudum und H. v. nudum in 7 Tagen, bei H. hexastichon in 8 Tagen, bei H. zeocriton in 9 Tagen und bei H. vulgare in 10 Tagen. Ferner finden Verschiedenheiten bei dem Hervorkommen des ersten Blattes aus der Blattscheide statt; bei H. zeocriton geschieht dies in 3½ Tagen; bei H. distichon und vulgare in 4 Tagen, bei H. hexastichon in 5 Tagen, bei H. v. nudum in 6 Tagen und bei H. d. nudum in 7 Tagen.

§. 60.

Was zunächst die äußeren Erscheinungen beim Keimen anbetrifft, so haben wir bis jetzt schon die Bildung von Kohlensäure kennen gelernt, außerdem wird, wie ich wenigstens bei der Gerste nachgewiesen habe, eine organische Säure, und zwar Essigsäure gebildet. Ferner beobachten wir ein Freiwerden von Wärme, was von den verschiedenen Beobachtern verschieden erklärt worden ist.

Sehen wir hier von den älteren Ansichten ab, so behauptet Göppert, daß die Wärmeentwickelung nur durch die Lebenskraft der Pflanzen vermittelt werde, was er durch Versuche mit Weizen darzuthun versuchte. Nach ihm ist die Zuckerbildung bei dem Stärkemehl führenden Samen nur das Resultat des lebendigen, organischen Processes, folglich auch die hierbei stattfindende Wärme nur durch die Lebenskraft der Pflanze vermittelt. Wenn Göppert nun ferner anführt, daß bei den gekeimten Samen die Verwandlung des Stärkemehls in Zucker wo nicht völlig, so doch größtentheils geschehen sei, so ist diese Behauptung, wie z. B. die Versuche von Oudemans und mir darthun, nicht richtig. Ich fand z. B. noch Stärkemehl in den Resten der Samen von Gerstenpflanzen, welche 4 Wochen alt waren, was beweist, daß die Verwandlung des Stärkemehls nur sehr langsam vor sich geht. Hieraus folgt, daß der Verbrennungs-Proceß in dem ersten Stadium der Entwickelung (bis zum 8. Tage) noch nicht, wie Göppert meint, fast vollständig vorüber sei.

Das Freiwerden von Wärme beim Keimen der Samen wird aber mit viel mehr Recht in die Reihe der chemischen oder Gährungs-Processe verwiesen, wie dies auch von den neueren Physiologen fast allgemein angenommen wird, als sich hier, z. B. bei den Stärkemehl führenden Samen, wie bei vielen andern, künstlich veranlaßten Vorgängen, Zucker vermittelst der Einwirkung der Eiweißstoffe auf das Stärkemehl bildet. Die Umänderungen, welche im keimenden Samen vor sich gehen, sind sicherlich chemischer Natur, wie nun bei jedem chemischen Processe Wärme frei wird, so geschieht dies auch bei den Umsetzungen im keimenden Samen; wir haben daher die Wärmeerzeugung nicht allein auf die Verwandlung des Stärkemehls in Zucker rc., sondern auch auf Rechnung der Umsetzung der übrigen Stoffe, z. B. der Eiweißstoffe, zu setzen.

§. 61.

Das aufgenommene Wasser und der Sauerstoff wirken bei den Stärkemehl führenden Samen zunächst auf die Eiweißstoffe

ein; diese erleiden dadurch eine Umsetzung und erlangen die Fähigkeit, das eingeweichte Stärkemehl in Dextrin und Traubenzucker umzuwandeln. Das aus dem Stärkemehl gebildete Dextrin und der Zucker dienen mit einem Theil der Eiweißstoffe zur Ernährung des jungen Pflänzchens. Aus den stickstofffreien Körpern wird Cellulose gebildet, dieses enthält weniger Kohlenstoff als der Zucker, somit muß letzterer, um in Cellulose übergeführt werden zu können, Kohlenstoff und Wasser abgegeben, der Kohlenstoff tritt als Kohlensäure mit dem Wasser aus dem Samen. Ferner wird eine organische Säure (Essigsäure) gebildet, welche wenigstens zum Theil aus dem Samen ausgeschieden wird.

Bei der Zersetzung, welche die Eiweißstoffe erleiden, wird ein Theil in Kohlensäure und Ammoniac (?) zerlegt, die zum Theil vom Samen ausgehaucht werden. — Die Abgabe von Stickstoff beim Keimen der Samen ist von manchen Seiten geleugnet worden, so unter Anderen von Oudemans nach seinen Versuchen, dagegen findet sie nach den Versuchen von Thomson, Schleiden, M. Schulz, nach dem auch Wasserstoff als Gas austreten soll und den meinigen statt.

Für die ölhaltenden Samen ist nach Hellriegel der Vorgang beim Keimen folgender: Das eingesaugte Wasser löst die Eiweißstoffe und die übrigen löslichen Stoffe; das Eiweiß zersetzt sich und zwar wahrscheinlich so, daß es sich zum Theil in eine unlösliche Modification verwandelt, zum Theil mit dem Oel in Verbindung tritt. Hierdurch bedingt erfolgt eine starke Oxydation des Fettes, während der vorhandene Rohrzucker in Krümelzucker übergeht, sich weiter zu Pflanzenfaser umbildet und zum Aufbau der neuen Zellen der Radicula verwandt wird. Die Würzelchen sprengen dann die Samenschale und hiermit beginnt eine stetige und gleichförmige Zersetzung des Oels; dasselbe giebt auf der einen Seite fortwährend einen Theil seines Kohlenstoffs und Wasserstoffs als Kohlensäure und Wasser ab und liefert durch diese langsame Oxydation dem Keime die nöthige Wärme, auf der andern Seite nimmt es Sauerstoff in seine Verbindung auf; unter dem Einfluß dieser beiden Thätigkeiten wird das Oel zu einem sauerstoffreichen Körper, wahrscheinlich einem Bitterstoff, aus dem dann wieder durch Spaltung neuer Krümelzucker entstehen kann. Die Pectose scheint zu einem Theile löslich zu werden und kann dann, wahrscheinlich wenigstens später, zur Zellenbildung verwendet werden. Stickstoff entweicht während des Keimens nicht; Kohlensäure und Wasser sind die einzigen gasförmigen Producte, welche gebildet werden.

Die neuen mikrochemischen Untersuchungen von Sachs und

die chemischen von Peters haben für die ölführenden Samen etwas andere Resultate ergeben.

Nach diesen Forschern wird das Oel meistens entweder ganz oder zum Theil in Stärke verwandelt; oder es geht in Zucker über und nur ein Theil verwandelt sich in Stärke. Die Stärke bildet sich direct aus dem Oel und geht beim weiteren Verlauf der Keimung in Zucker und Dextrin und endlich in Cellulose über. Peters hatte im Gegensatz zu Hellriegel ebenfalls eine Abgabe von Stickstoff beim Keimen des ölhaltenden Samens beobachtet.

Die Umwandlung der löslichen stickstoffhaltigen Substanz in unlösliche, wie Hellriegel anführt, wird von Sachs bestätigt.

Um die Verwandlung des Oels in Stärkemehl, Zucker, Dextrin und Cellulose zu zeigen, führe ich die Haupt-Resultate der Peters'schen Untersuchungen an.

Peters untersuchte die Pflanzen (Kürbis) in 3 Entwickelungs-Stadien:

A. Hauptwurzel 2—4 Centim. lang, keine Nebenwurzeln.

B. Die ersten 5—6 Nebenwurzeln bis auf 2—3 Centim. Länge gestreckt.

C. Die Cotyledonen ausgebreitet, sehr groß, blattartig und grün, fast fertig gestreckt. Das erste eigentliche Blatt fängt an sich zu entwickeln. Die Pflanze beginnt ihr selbstständiges Leben.

Die angeführten Zahlen beziehen sich auf 1000 Exemplare.

Bestandtheile.	Ungekeimter Same.	Keimpflanzen		
		A.	B.	C.
Oel	136,65	103,51	56,43	12,98
Zucker	Spur	3,81	9,48	12,80
Gummi	"	2,56	3,55	6,13
Stärke	0	8,89	17,50	6,63
Zellstoff	8,34	9,33	12,23	21,20
Proteïnstoffe	110,07	109,60	98,33	94,62
Mineralstoffe	14,08	14,14	14,57	18,06
Extractivstoff, Bitterstoff, Pectinstoffe ꝛc.	6,86	22,96	33,01	43,48
Gesammtgewicht .	276,00	274,80	245,10.	215,40

§. 65.

b. Weiterer Einfluß des Sauerstoffs auf das Leben der Pflanze.

Wie der Sauerstoff zur Entwickelung des Keimes unentbehrlich ist, so ist er auch für das weitere Wachsthum der jungen Pflanze durchaus nothwendig. Es kann dies auffallend erscheinen, da ja die Pflanze, sobald sie Blätter entwickelt hat, Sauerstoff ausathmet, in ihr also überflüssiger Sauerstoff vorhanden ist; trotzdem aber muß der Pflanze freier Sauerstoff zur Aufnahme zu Gebote stehen; sobald ihr dieser entzogen wird, stirbt sie. Bringen wir z. B. eine Pflanze in eine Atmosphäre von Stickstoff oder Wasserstoff und lassen wir sie in derselben lange genug, so geht sie ein. Beim Kohlenstoff, pag. 62, hatte ich schon Gelegenheit zu zeigen, daß die Pflanzen während der Nacht Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure aushauchen und daß diese Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe ein Lebensproceß der Pflanze ist. Saussure hat die Menge von Sauerstoff bestimmt, welche von verschiedenen Pflanzen innerhalb 24 Stunden verbraucht wird. Die von Saussure gefundenen Zahlen sind von mir in der folgenden Tabelle zusammengestellt, zu welcher ich noch bemerke, daß die als aufgenommen angegebene Sauerstoffmenge sich auf das Volumen der Blätter, wobei dieses gleich 1 gesetzt ist, bezieht.

Name der Blätter.	Zeit des Versuchs; Entwickelung der Pflanze.	Menge des binnen 24 Stunden im Dunkeln verzehrten Sauerstoffs.
Kartoffel	September	2,5
Kohl (Brassica oleracea)	September, junge Blätter	2,4
	September, alte Blätter	2,0
Nessel (Urtica urens)	September	2,0
Bingelkraut (Mercurialis annua)	September; vor der Blüthe	2,33
Möhre (Daucus carota)	während der Blüthe	1,9
Bufbohne (Vicia faba)	vor der Blüthe	3,7
	während derselben	2,0
	nach derselben	1,6
Lilie (Lilium candidum)	vor der Blüthe, Mai	0,66
	nach derselben, September	0,5
Spanische Kresse (Tropaeolum majus)	September; vor der Blüthe	3,0

Name der Blätter.	Zeit des Versuchs; Entwickelung der Pflanze.	Menge des binnen 24 Stunden im Dunkeln verzehrten Sauerstoffs.
Fingerhut (Digitalis ambigua)	Juli	2,0
Rübe (Brassica rapa) . .	September; in der Blüthe	1,25
Hafer (Avena sativa) . .	Juni; vor der Blüthe . .	2,7
Weizen (Triticum aestivum)	Mai; vor der Blüthe . .	5,0
Erbse (Pisum sativum) . .	Mai; in der Blüthe . .	3,72
Raute (Ruta graveolens) .	August	2,0

§. 63.

c. Die Wärme der Pflanzen.

Der aufgenommene Sauerstoff dient zu verschiedenen Oxydationsprocessen in der Pflanze. Einen Beweis dafür, daß in der Pflanze fortwährend Oxydations-Processe vor sich gehen, liefert die durch die Pflanzen erzeugte Wärme, welche durch Folgendes documentirt wird. Bringt man eine Pflanze in eine mit Wasserdampf vollständig gesättigte Atmosphäre, so findet dennoch von der Blattoberfläche der Pflanze Verdunstung von Wasser statt; diese könnte aber nicht erfolgen, wenn durch die Pflanze nicht die Temperatur des Raumes erhöht würde, denn die atmosphärische Luft kann nicht eine beliebige Menge Wasser aufnehmen, sondern ihre Wasseraufnahmefähigkeit ist eine bestimmte, abhängig von der Temperatur: sie steigt bei zunehmender und fällt bei abnehmender Temperatur.

Wenn ich soeben anführte, daß wir einen Beweis für die Oxydations-Processe in der Pflanze durch die von derselben erzeugten Wärme hätten, so soll hiermit nicht gesagt sein, daß die Pflanze gleich den Thieren eine eigene Wärme besitze. Die Wärme des thierischen Körpers bleibt sich gleich, ob derselbe sich in einer Temperatur von — 20° C. oder von + 20° C. befindet. Anders bei den Pflanzen; die Temperatur in denselben hängt von der sie umgebenden Temperatur ab, wie dies die Versuche von Krutzsch und Becquerel darthun. Krutzsch stellte seine Versuche im Sommer an einem Ahornbaume an und fand hier Folgendes:

Temperatur	der Luft	23,5° C.
„	im Kerne des unteren 12 Zoll dicken Stammes	14,4° C
„	im Splint	16,4° C.
„	des oberen 6" dicken Stammes	22,0° C.
„	in einem 3" dicken Aste . .	22,2° C.
„	„ einer 9" tiefen Wurzel .	14,9° C.
„	im Boden	14,7° C.

Krutzsch beobachtete unter Anderm ferner, daß bei einem Baume bei einer Erhöhung der Temperatur von — 14,5° auf + 5° C. die Temperatur des Astes von — 8,4° auf + 5° C, die des Stammes von 6" Durchmesser von — 9,7° auf — 0,7° C., die des Stammes bei 12" Durchmesser von — 8,5° auf — 3,9°, während die Wärme des Splintes von — 9° auf — 1° steigt. Erwägen wir bei diesen Zahlen, daß das Holz ein schlechter Wärmeleiter ist, so haben wir darin den Beweis für die oben ausgesprochene Thatsache.

Becquerel stellte seine Versuche mit Ahorn, Pflaumenbäumen und Kastanien an und schließt aus denselben Folgendes:

α. Die jährliche Mittel-Temperatur der Gewächse ist dieselbe, wie die der Luft, welche die hauptsächlichste Wärmequelle der Pflanzen ist.

β. Das Maximum der Luft-Temperatur findet im Winter gegen 2 und im Sommer gegen 3 Uhr statt; in den Gewächsen sind diese Stunden im Verhältniß zu ihrer Stärke verzögert: in Bäumen von 0,3—0,4 Meter Durchmesser zeigt sich das Maximum der Kälte im Winter gegen 9 Uhr Abends und im Sommer erst gegen Mitternacht.

γ. Wenn die Temperatur der Luft unter 0° sinkt, widerstehen die Gewächse längere oder kürzere Zeit der Abkühlung, sowie im umgekehrten Falle der Erwärmung, ohne daß man die Ursache der schlechten Wärmeleitungs-Fähigkeit des Holzes zuschreiben kann. Dauert die Kälte mehrere Monate, so sinkt die Temperatur nach und nach im Baume, jedoch niemals bis zur Luft-Temperatur; die Differenz beträgt ½—0°.

δ. Die Temperatur der Vegetabilien, wenn sie auch fast ganz Folge einer Einwirkung von außen ist, scheint nichtsdestoweniger beeinflußt von der bei den chemischen Processen im Pflanzen-Organismus freiwerdenden Wärme und durch die Temperatur der Erdschichten, aus welchen die Wurzeln ihre flüssige Nahrung beziehen und es können so die unteren Erdschichten auf Verringerung der Temperatur-Erniedrigung in den Pflanzen von Einfluß sein.

Wo bleibt denn aber die von den Pflanzen producirte Wärme, wenn ihre Wärme fast ganz von der sie umgebenden Temperatur abhängt? Der äußerst geringe Einfluß, welchen die in der Pflanze

erzeugte Wärme auf die Wärme der Pflanze selbst äußerst, und der dadurch nothwendiger Weise folgende anderweitige Verbrauch der Wärme durch die Pflanze wird uns durch eine Thätigkeit derselben erklärt, welche wir im nächsten Kapitel beim Wasser genauer besprechen werden. Ich führe hier nur kurz an, daß die Pflanze fortwährend sehr bedeutende Mengen von Wasser verdunstet, wozu Wärme erforderlich ist und die von der Pflanze erzeugte mit verwendet wird.

Bei einigen Pflanzen läßt sich in gewissen Entwickelungs-Perioden die erzeugte Wärme aber auch direct wahrnehmen. So beobachtete Dutrochet, daß bei Arum maculatum bei der Blüthe eine Temperatur-Erhöhung von 11—12° C. eintritt; diese erklärt sich natürlich nur durch vermehrte Aufnahme von Sauerstoff, wodurch die Oxydation, oder mit andern Worten die Verbrennung in der Pflanze vermehrt wird.

§. 64.

d. Verhalten der Pflanzen in der Blüthe gegen den Sauerstoff.

Ueber das Verhalten der Pflanzen in der Blüthe gegen den Sauerstoff sind vor Allem von Cahours Untersuchungen angestellt worden, welcher die Resultate derselben, wie folgt, resumirt:

α. Jede Blume nimmt aus einem begrenzten Volumen normaler Luft Sauerstoff auf und giebt dafür Kohlensäure in wechselnden Verhältnissen ab; gleichgiltig ist hierbei, ob die Blumen Geruch besitzen oder nicht.

β. Unter fast gleichen Bedingungen des Versuchs nimmt die ausgehauchte Kohlensäure mit der steigenden Temperatur zu.

γ. Im Allgemeinen ist für ein gleiches Gewicht Blumen desselben Stammes die ausgehauchte Kohlensäuremenge etwas größer im Licht als in völliger Dunkelheit, doch in einigen Fällen ist sie nahezu dieselbe.

δ. Wird die normale Luft durch reinen Sauerstoff ersetzt, so werden die beobachteten Unterschiede nur auffallender.

ε. Die Blume entwickelt im Beginn der Entwickelung als Knospe etwas mehr Kohlensäure, als die völlig aufgeblühte, was man aus stärkerer Vegetationskraft erklären kann.

ζ. In einem indifferenten Gase, wie Stickstoff oder Wasserstoff, haucht jede Blume ein wenig Kohlensäure aus.

η. Das Pistill und die Staubfäden verzehren die größte Menge Sauerstoff und entwickeln die größte Menge Kohlensänre.

§. 65.

e. Verhalten des Sauerstoffs beim Reifen der Früchte.

Beim Reifen der Früchte zeigt sich ferner das Bedürfniß der Pflanzen nach Sauerstoff im hohen Grade, wie dies die Versuche von Frémy, Cahours, Chatin, Berthelot und Guignet und Anderer darthun, aus denen hervorgeht, daß die Früchte Sauerstoff aufnehmen und dafür in nahe zu gleichem Volumen Kohlensäure abgegeben.

Cahours, von dem über das Athmen der Früchte die neuesten Versuche gemacht sind, stellt die Resultate derselben folgendermaßen zusammen:

Wenn völlig reife Aepfel, Orangen oder Citronen in Glocken, welche mit Sauerstoff, oder dessen Gemenge mit wenig Stickstoff oder mit atmosphärischer Luft gefüllt sind, gebracht werden, so verzehren sie Sauerstoff und geben dafür Kohlensäure in nahezu gleichem Volumen ab und zwar ist letzteres im diffusen Lichte beträchtlicher, als im Dunkeln und vermehrt sich stufenweise bis zu einer gewissen Zeit, von wo an sie ansehnlich zunimmt. Dabei tritt eine gewisse Veränderung der Hülle der Früchte ein.

Cahours fand nun, daß die reifen Orangen einen Saft liefern, welcher 8 % seines Volumens an Gas gab und das zu $^4/_5$ aus Kohlensäure und $^1/_5$ aus Stickstoff bestand. Die reifen Citronen dagegen geben nur einen Saft mit 6 % Gas, welches aber zu $^7/_{10}$ aus Kohlensäure und $^3/_{10}$ aus Stickstoff bestand.

Von reifen Granaten wurde ein Saft, der nur 5 % Gas enthielt, welches aber dieselbe Zusammensetzung, wie das der Citronen hatte, gewonnen. Die Birnen dagegen lieferten weniger und weit weniger Kohlensäure enthaltendes Gas; noch geringer war der Gehalt des Saftes der Aepfel (Reinetten, Calvillen) an Gas; sie gaben kaum 3 % mit 40—45 % Kohlensäure.

In dem Gas der genannten Früchte vermochte Cahours aber niemals Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoffe nachzuweisen. Es folgt nun hieraus, daß beim Reifen der Früchte Sauerstoff eingeathmet und Kohlensäure abgegeben wird.

Kurze Wiederholung.

1. Der Sauerstoff dient sowohl als Material für die Stofferzeugung als auch als directes Agens der chemisch vitalen Processe in den Pflanzen.

2. Die Quellen für den Sauerstoffbedarf der Pflanzen sind Kohlensäure, Wasser und Salpetersäure; diese bieten den Pflanzen viel mehr Sauerstoff dar als sie gebrauchen, in Folge dessen dieselben einen bedeutenden Theil des durch jene erhaltenen Sauerstoffs an die Atmosphäre abgegeben.

3. Die Menge des von den Pflanzen ausgehauchten Sauerstoffs ist sehr bedeutend; sie ist gleich der durch den Athmungs-, Verbrennungs- und Verwesungs-Proceß verbrauchten Menge desselben.

4. Außer den oben genannten Quellen bedarf die Pflanze ferner noch des freien Sauerstoffs, welcher für dieselbe, vom Keimen bis zur Fruchtbildung unentbehrlich ist.

5. Der Keimproceß ist ohne Sauerstoff unmöglich; der Same nimmt denselben auf und giebt Kohlensäure ab.

6. Dasselbe findet statt, wenn die weitere Entwickelung der Pflanze ohne Einwirkung des Lichtes erfolgt; ist dagegen diese vorhanden, so tritt

7. das Umgekehrte ein: Kohlensäure wird aufgenommen und Sauerstoff abgegeben.

8. Der Keimproceß beginnt mit der Aufnahme von Wasser, mit welchem zugleich Sauerstoff in die Pflanze eintritt.

9. Beim Keimen wird Wärme erzeugt, welche am besten als das Product der chemischen im Samen vor sich gehenden Processe anzusehen ist.

10. Bei den Stärkemehl führenden Samen wirken Wasser und Sauerstoff zunächst auf die Eiweißkörper ein, welche hierdurch umgesetzt werden und ihre Umsetzungsfähigkeit auf die stickstofffreien Stoffe (Stärkemehl u. s. w.) übertragen, aus denen dann unter Abgabe von Kohlensäure, nachdem das Stärkemehl vorher in Zucker verwandelt ist, Cellulose gebildet wird. Außer Kohlensäure und Wasser tritt aus dem keimenden Samen noch eine organische Säure und wahrscheinlich auch Stickstoff (als Ammoniac und Stickstoff) aus.

11. Bei den ölführenden Samen wird beim Keimen das Oel entweder ganz oder zum Theil in Stärke und Zucker und dann weiter in Cellulose verwandelt; Kohlensäure und Wasser treten auch

hier aus dem keimenden Samen; eine Abgabe von Stickstoff scheint dagegen nicht stattzufinden.

12. Wenn auch das aus dem Samen entwickelte Pflänzchen bei der weiteren Entwickelung unter der Einwirkung des Lichtes Sauerstoff abgiebt, so bedarf die Pflanze trotzdem fortwährend des freien Sauerstoffs.

13. Der aufgenommene Sauerstoff dient zu den verschiedenen Oxydations-Processen in der Pflanze, für deren Stattfinden die erzeugte Wärme einen Beweis liefert. Wir nehmen zwar diese erzeugte Wärme, da die Pflanze keine Eigenwärme besitzt, nicht recht wahr, indem sie von der Pflanze anderweitig verbraucht wird; ihre fortwährende Bildung ist aber durchaus festgestellt.

14. Die Aufnahme von Sauerstoff ist beim Blühen der Pflanze, vor allem bei einigen, durch die bedeutende Menge der erzeugten Wärme schön zu beobachten; die Blüthen nehmen denselben auf und geben Kohlensäure ab.

15. Dasselbe findet beim Reifen der Früchte statt; also auch hier Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure.

Kapitel V.

Das Wasser.

§. 66.

Das Wasser haben wir schon als eine der Quellen für den Wasserstoff und Sauerstoff der Gewächse kennen gelernt; die Rolle jedoch, welche dem Wasser bei dem Wachsthum der Pflanzen zuertheilt ist, beschränkt sich nicht allein hierauf, sondern demselben sind noch andere äußerst wichtige Functionen im Pflanzenleben übertragen worden. Die Wichtigkeit des Wassers für das Leben der Pflanzen ist der des Sauerstoffs gleichzusetzen: ohne Wasser ist ebenso wie ohne Sauerstoff kein organisches Leben möglich.

Bevor wir nun die Beziehungen des Wassers zum Pflanzenleben studiren, halte ich es für nothwendig, daß wir vorher die Eigenschaften, die Verbreitung u. s. w. des Wassers, so weit es für unsern Gegenstand von Wichtigkeit ist, in aller Kürze betrachten.

A. Die Eigenschaften des Wassers.

a. Chemische.

Das Wasser besteht aus 1 Aequivalent Wasserstoff und 1 Aequivalent Sauerstoff, oder in 100 Theilen ans 11,11 Wasserstoff und 88,88 Sauerstoff; es hat zu vielen Körpern eine große chemische Verwandtschaftskraft, vermöge welcher es sich sowohl mit Säuren, Basen, welche Verbindungen den Namen Hydrate führen, als auch

mit Salzen zu verbinden vermag. Es ist ferner durch viele Körper, welche zu einem der Bestandtheile desselben größere Verwandtschaft wie die andern haben, in seine Bestandtheile in der Art zerlegbar, daß diese sich mit dem einen verbinden und den andern in Freiheit setzen können; vor Allem ist es der Sauerstoff, welcher so gebunden wird und zur Oxydation der betreffenden Körper dient, während der Wasserstoff dann frei wird.

b. Physikalische Eigenschaften des Wassers.

α. Die Verdampfung.

Das Wasser besitzt die Eigenschaft bei jedem Temperaturgrade, sowohl unter als über dem Gefrierpunkte, Dampfform anzunehmen. Die Menge von Wasser, welche in einem Raume verdunsten kann, wird allein durch die Temperatur bedingt, da bei jedem Temperaturgrade nur eine quantitativ bestimmte Menge von Wasser Dampfform annehmen kann; hierbei ist es gleichgültig, ob der über der Wasserfläche befindliche Raum schon mit andern Gasen gefüllt ist, oder nicht. Der Wassergehalt der Luft und die Temperatur sind daher die einzigen Factoren, welche die Menge des verdunstenden Wassers bedingen. Die Schnelligkeit der Verdunstung ist dagegen beim gleichen Wassergehalte der Luft und bei gleicher Temperatur noch abhängig:

von der Bewegung der Luft über der betreffenden Wasserfläche und von der Größe der letzteren.

Findet fortwährend eine Luftströmung statt, wodurch die mit Wasserdampf erfüllte Luft fortgeführt wird, so ist die Verdampfung größer als im umgekehrten Falle. Ebenso verdampft von einer bestimmten Wassermenge umsomehr, je größer ihre Oberfläche ist. Beide Bedingungen vereinigt, verursachen natürlich eine um so größere Verdunstung. Hieraus erklärt sich die günstige Wirkung der Lockerung für einen nassen Boden und umgekehrt die Nothwendigkeit des Walzens für einen lockeren Boden bei trockener Witterung; dies ist eine der Ursachen, welche das Vortheilhafte der Beschattung des Bodens darthun u. s. w.

Nebel und Wolken.

Das in Dampfform in der Atmosphäre befindliche Wasser, welches aus kleinen Bläschen, deren Inhalt Luft und deren Hülle Wasser ist, besteht, bildet den Nebel und die Wolken, welche sich

beide nur durch die Größe ihrer Entfernung von der Erde von einander unterscheiden. Durch die Luftströmungen wird das von irgend einer Wasserfläche verdunstete Wasser den verschiedensten Orten zugeführt und kommt da, wo die Bedingungen für die Dampfform nicht mehr vorhanden sind, in Form von Regen (Schnee) zur Erde; trifft z. B. ein bei 15° C. mit Wasserdampf gesättigter Luftstrom auf einen kälteren und wird dadurch abgekühlt; so kann derselbe aus dem oben unter a. angeführten Grunde nicht mehr allen bisherigen Wasserdampf fassen, sondern muß soviel Wasser abgeben, als der Temperatur-Erniedrigung entspricht.

β. Das Auflösungs-Vermögen des Wassers für feste, flüssige und gasförmige Körper.

Die Eigenschaft des Wassers, sowohl eine große Anzahl fester, sowie flüssiger und gasförmiger Körper aufzulösen, ist für das Pflanzenleben von ganz außerordentlicher Wichtigkeit. Wegen dieser Eigenschaft vermag das Wasser die im Boden befindlichen Nährstoffe aufzulösen und den Pflanzen zuzuführen; ohne dieselbe würde das in der Atmosphäre befindliche Ammoniac und die Salpetersäure den Pflanzen in viel geringerem Grade zu Gute kommen, als es der Fall ist, u. s. w.

γ. Ausdehnung des Wassers beim Festwerden.

Das gefrorene Wasser, das Eis, ist leichter als das flüssige Wasser, sein spec. Gew. ist 0,9268. Diese Eigenschaft des Wassers ist für die Zerklüftung und Zertrümmerung der Gesteine, für die Lockerung des Bodens, für das Zerfallen des Mergels u. s. w. von ganz außerordentlicher Wichtigkeit.

δ. Das Wasser ist ein schlechter Wärmeleiter.

Wegen dieser Eigenschaft des Wassers ist der Schnee gleichsam ein warmer Pelz für die Erde und deshalb für die Wintersaaten der sehnlichste Wunsch des Landwirths; deshalb schützt eine Eisschicht so gut einen Brunnen vor dem Einfrieren. Diese, sowie die unter c. genannte Eigenschaft des Wassers erklärt, weshalb im Winter Teiche und Flüsse selten, Ströme, tiefe Seen und das Meer nie bis auf den Grund ausfrieren, und so das organische Leben in demselben vor dem Erfrieren geschützt ist, u. s. w.

e. Das Wasser hat die größte specifische Wärme von allen festen und flüssigen Körpern.

Unter specifischer Wärme eines Körpers verstehen wir diejenige Wärmemenge, welche derselbe bedarf, um von einem Temperaturgrade auf einen andern erwärmt zu werden. Beim Wasser ist nun die specifische Wärme oder seine Wärme-Capacität von allen festen und flüssigen Körpern am größten; diese Eigenschaft des Wassers ist für das Klima der Küstenländer u. s. w. sehr wichtig; aus demselben Grunde ist ein nasser Boden auch stets ein kalter Boden, ebenso erwärmt sich deshalb ein trockener Boden weit schneller als ein nasser u. s. w.

B. Das Vorkommen des Wassers.

§. 67.

Das Wasser ist der verbreitetste Körper der Erde; das Weltmeer allein macht 73,06 % der ganzen Erdoberfläche aus; hierzu kommt noch das Wasser der Ströme, Flüsse, Binnenseen, Bäche, Quellen, Sümpfe, Meere u. s. w. — Würde das Wasser nicht die oben unter A 2 a. bezeichnete Eigenschaft besitzen: bei jedem Temperaturgrade Dampfform annehmen zu können, so würde man mit Recht fragen können, was nützt aber das Wasser des Weltmeeres den Landpflanzen? Wegen dieser Eigenschaft des Wassers jedoch kommt auch das Meerwasser den Landpflanzen zu Gute.

Da nun die verschiedenen Wasser der Erde nicht chemisch reines Wasser sind, sondern in demselben noch viele Stoffe, theils gelöst, theils suspendirt vorkommen und diese Stoffe einerseits durch die Luftströmungen mit in die Atmosphäre geführt werden, indem Wassertheilchen mit emporgerissen werden und so auch das, was sie gelöst oder suspendirt enthalten, welche Stoffe dann durch die atmosphärischen Niederschläge dem Boden zugeführt werden und andererseits die Wasser oft ihre Ufer übertreten und so direct die in demselben befindlichen Stoffe den in ihrer Nähe liegenden Ländern geben, so halte ich es für erforderlich, kurz die Stoffe aufzuführen, welche in den einzelnen Wassern der Erde enthalten sind.

§. 68.

a. Das Meerwasser.

In dem Meerwasser finden wir vor Allem Chlornatrium, ferner Kali, Kalkerde, Magnesia; dann Brom, Jod, Schwefelsäure, Kohlensäure; in geringen Mengen Kieselsäure, Ammoniac, Salpetersäure, Fluorcalcium, Eisen und Mangan, auch Baryterde, Strontianerde und Spuren von Phosphorsäure. In der folgenden Tabelle pag. 160 und 161 stelle ich einige Analysen von Meerwasser zusammen, um so das quantitative Verhältniß, in dem diese Stoffe in demselben vorkommen, zu zeigen.

Der Hauptbestandtheil des Meerwassers ist also das Chlornatrium, daher wird auch dieses in erster Reihe mit in die Atmosphäre emporgerissen werden und so das Regenwasser salzhaltig machen, was uns auch die Analysen von Regenwasser, wie wir später sehen werden, bestätigen. Dieser Gehalt der Luft an Kochsalz wird natürlich zunächst den Seestrandgegenden zu Gute kommen und auf die ihren Einfluß äußern. Wir sehen daher an den Gestaden des Meeres eine eigenthümliche Vegetation, welche theilweise durch den Kochsalzreichthum bedingt ist; die hier wachsenden Pflanzen zeichnen sich zum Theil durch ihren hohen Futterwerth aus; dasselbe gilt von den Pflanzen auf sog. Salzwiesen, weshalb das Heu derselben mit Recht als Futter sehr geschätzt ist.

§. 69.

b. Flußwasser, Quellwasser u. s. w.

Wie sich das Meerwasser durch seinen Gehalt an Kochsalz, ebenso zeichnet sich das Wasser der Flüsse, Quellen rc. durch den an Kalksalzen aus, von denen in erster Reihe der kohlensaure Kalk, welcher in demselben durch die freie Kohlensäure gelöst und der schwefelsaure Kalk zu nennen sind, dann auch Chlorcalcium und salpetersaure Kalkerde; der Menge nach folgen auf die Kalksalze meistens die Magnesiasalze (kohlensaure, schwefelsaure, salpetersaure Magnesia und Chlormagnesium); dann die Natron- und Kalisalze, von denen das Natron als Chlornatrium, einfach, und $1\frac{1}{2}$fach kohlensaures, schwefelsaures und auch salpetersaures, und Kali als schwefelsaures, salpetersaures und auch kieselsaures vorhanden sein kann.

	Atlantischer Ocean.				Stilles Meer.
	23° 45′ südl. Br. und 29° 27′ westl. L.	0° 47′ südl. Br. und 33° 20′ westl. L.	20° 54′ nördl. Br. und 40° 44′ westl. L.	41° 18′ nördl. Br. und 36° 28′ westl. L.	25° 11′ südl. Br. und 93° 24′ westl. L.
	Analysen von v. Bibre.				v. Bibra.
	%	%	%	%	%
Eisenoxyd	—	—	—	—	—
Kohlensaurer Kalk . . .	—	—	—	—	—
Kohlensaure Magnesia . .	—	—	—	—	—
Schwefelsaure Kalkerde . .	0,2046	0,1557	0,1597	0,1897	0,1622
Schwefelsaure Magnesia .	0,0614	0,0584	0,0678	0,1066	0,1117
Chlormagnesium	0,0326	0,3332	0,4022	0,3916	0,4884
Chlornatrium	2,7558	2,7892	2,6424	2,9544	2,5885
Chlorkalium	—	—	—	—	—
Bromnatrium	0,0326	0,0520	0,0400	0,0500	0,0307
Brommagnesium . . .	—	—	—	—	—
Schwefelsaures Kali . . .	0,1715	0,1810	0,1625	0,1499	0,1418
Kieselsäure	—	—	—	—	—
Chlorcalcium	—	—	—	—	—
Specifisches Gewicht . .	1,0244	1,0275	?	1,0287	1,0264
Summa der festen Bestandtheile	3,5695	3,2585	3,4746	3,8422	3,5233

*) Als doppelt kohlensaure Verbindungen aufgeführt.

Außerdem finden wir in dem Wasser der Flüsse u. s. w. Ammoniac- und salpetersaure Salze, wie dies im Anhang II. und III. beim Stickstoff gezeigt ist, dann auch oxydirtes Eisen, ebenso Mangan und freie Kieselsäure.

Auf der auf pag. 162 und 163 folgenden Tabelle habe ich einige Analysen von Fluß-, Brunnen- und Quellwasser zusammengestellt.

Diese Gewässer werden durch diejenigen meteorischen Niederschläge, welche durch die Erdoberfläche hindurchsickern und sich dann in geringerer oder größerer Tiefe sammeln, gebildet und weiter genährt; es entstehen so zunächst Quellen u. s. w., und durch die Vereinigung mehrerer Quellen, Teiche, Flüsse u. s. w. Die Beschaffenheit des Wassers der Flüsse u. s. w., oder mit andern Worten ihr Gehalt an gelösten

Nordsee. 51% 9' nördl. Br. und 3% 8' östl. L. Bibra.	Weißes Meer bei Nonoxa. Knauß.	Todtes Meer. Marchand.	Kaspisches Meer von Tjukkarogan. Baer.	Bosporus bei Bujucdere. Pisani.	Nordsee bei Helgoland. Kappel.	Mittelländisches Meer bei Livorno. Calamai.	Ostsee. Pfaff.
—	0,003	—	—	—	—	—	—
—	0,001	—	0,037*)	0,017	—	—	0,007*)
—	—	—	0,021*)	—	—	—	0,001*)
0,1622	—	0,088	0,056	0,052	0,401	0,089	0,002
0,0706	0,235	—	0,326	0,123	0,030	0,309	0,088
0.4641	0,163	10,543	—	0,179	0,301	0,303	0,172
2,5513	1,782	6,578	0,895	1,386	2,858	2,618	1,499
—	—	1,398	0,065	0,003	0,059	—	—
0,0373	—	—	—	—	—	0,111	—
—	0,005	0,251	—	—	—	—	—
0,1529	—	—	—	—	—	—	—
—	Spur	0,003	—	—	—	—	—
—	—	2,894	—	—	—	—	—
1,0264	1,0167	1,185	?	1,01345	1,0240	?	?
3,4383	2,194	21,729	1,400	1,7584	3,709	3,430	1,770

Stoffen hängt natürlich von der Qualität der Erdmassen, welche sie passirt haben, von der Länge der Zeit der Berührung mit denselben, von der Temperatur, dem Druck u. s. w. ab.

In diesen Gewässern finden wir außer den gelösten auch vielfach suspendirte Stoffe. Aus dem früher schon beim Meereswasser angeführten Grunde sind diese gelösten oder suspendirten Stoffe ebenfalls für das Pflanzenleben im Allgemeinen nicht werthlos, da auch sie durch die Luftbewegungen mit in die Atmosphäre geführt werden und dann irgend wo wieder zur Erde gelangen. Höhere Bedeutung haben sie aber noch für die an ihren Ufern oder überhaupt in ihrer Nähe befindlichen Ländereien, indem sie öfters die ihnen angewiesenen Grenzen übersteigen und so direct zur Befruchtung dieser Ländereien bei-

In 10 Liters in

	Garonne bei Toulouse, von Deville.	Seine bei Berry, von Deville.	Rhein bei Straßburg, von Deville.	Loire bei Orleans, von Deville.	Rhone bei Genf, von Deville.
Kieselsäure	401	244	488	406	238
Thonerde	—	5	25	71	39
Eisenoxyd	31	25	58	55	—
Kohlensaure Kalkerde .	645	1656	1356	481	789
Kohlensaure Magnesia	34	27	50	61	49
Kohlens. Manganoxydul	30	—	—	—	—
Schwefelsaure Kalkerde	—	269	147	—	466
Schwefelsaure Magnesia	—	—	—	—	63
Chlorcalcium . . .	—	—	—	—	—
Chlormagnesium . .	—	—	—	—	—
Chlornatrium . . .	32	123	20	48	17
$1^1/_2$fach kohlens. Natron	65	—	—	—	—
Kohlensaures Natron .	—	—	—	146	—
Schwefelsaures Natron	53	—	135	34	74
Schwefelsaures Kali .	76	50	—	—	—
Salpetersaures Kali .	—	—	38	—	40
Salpetersaures Natron	—	94	—	—	45
Salpetersaure Magnesia	—	52	—	—	—
Kieselsaures Kali . .	—	—	—	44	—
Chlorkalium	—	—	—	—	—
Summa . . .	1367	2544	2317	1346	1820

tragen. Je mehr Stoffe sie gelöst oder suspendirt enthalten, und je wichtiger dieselben für das Pflanzenleben sind, um so größer ist ihre düngende Kraft. Hierdurch erhalten die natürlichen Wiesen, welche jährlich ohne Dung gute Ernten geben, ihre Fruchtbarkeit.

Milligrammes.

Doubs bei Rirotte, von Deville.	Themse bei Twickenham, von Clark.	Quellwasser von Mouillère, von Deville.	Brunnenwasser von Besançon von Deville.	Brunnenwasser von Connecticut, von Bull.	Brunnenwasser von Ostpreußen, von E. Heiden.	Brunnenwasser von Ostpreußen, von E. Heiden.
159	39,0	250	551	180	50	70
21	Spur	43	39			
				40	Kohlens. Eisenoxydul.	177
20	Spur	—	—		129	
1910	1822,6	2573	2331	225	4000	4370
23	146,7	—	76	190	713	1267
—	—	—	—	—	—	—
—	64,4	51	2660	690	768	381
—	—	—	—	—	—	—
—	250,0	7	199	1120	—	—
5	—	20	615	410	703	83
23	—	—	—	—	408	1753
—	—	—	—	220	—	—
—	—	—	—	—	—	—
51	285,7	—	—	—	—	—
—	95,4	—	—	—	179	296
41	—	23	535	—	—	—
39	—	118	1229	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	381 ($NO^5 CaO$)	—	—	—
—	—	—	—	—	359	252
2302	3212,8	3085	8616	7110	7309	8651

§. 70.

c. Die meteorischen Wasser.

Was schließlich die meteorischen Wasser anbetrifft, so haben wir diese durch unsere bisherige Betrachtung schon in mehrfacher Hinsicht kennen gelernt. Wie schon erwähnt, finden wir in denselben, außer Ammoniac und Salpetersäure (siehe Anhang II. und III. zum Stickstoff) alle die Stoffe, welche durch die Winde vom

Meere, den Flüssen, dem Lande u. s. w. emporgerissen und fortgeführt werden. Außer diesen festen, theils gelösten, theils suspendirten Stoffen, befinden sich in den meteorischen Wassern ferner noch Stickstoff, Sauerstoff, Kohlensäure und andere Gase aufgelöst. — Ich bemerke hier noch, daß dieselben wie aus den Eigenschaften des Wassers hervorgeht, auch im Meer-, Fluß-, Teichwasser etc. enthalten sind. — Angeführt ist ferner schon, daß die in den Wässern aufgelöste Luft anders zusammengesetzt ist, als die atmosphärische Luft, daß sie nämlich bedeutend reicher an Sauerstoff und Kohlensäure als diese ist.

Um ein Bild von den in den meteorischen Niederschlägen enthaltenen Salzen zu geben, führe ich hier noch eine Untersuchung des Regenwassers in Betreff des Gehaltes desselben an Chloriden und Sulfaten von J. Pierre an. Das Regenwasser, zu Caën gesammelt, enthielt in 5 Kilogr. 123 Milligr. Rückstand; in diesem war

Chlornatrium	22,03	Milligr.,
Chlorkalium	4,80	"
Chlormagnesium . . .	1,46	"
Chlorcalcium	1,70	"
Schwefelsaures Natron .	4,94	"
" Kali . .	4,68	"
Schwefelsaure Kalkerde .	3,66	"
" Magnesia .	3,22	"

Kohlensaurer Kalk, der in bedeutender Menge vorhanden war, und die organischen Stoffe sind nicht bestimmt worden.

C. Bedeutung des Wassers für die Pflanzen und Wassergehalt der letzteren.

§. 71.

a. Bedeutung des Wassers für das Pflanzenleben.

Die Bedeutung des Wassers für das Pflanzenleben ist, wie wir schon früher gesehen haben, der des Sauerstoffs vollständig gleichzusetzen.

Die Thätigkeit des Wassers beginnt bei der Keimung und dauert fort bis zur Fruchtbildung. Wie das Wasser beim Keimen die Verflüssigung der im Eiweißkörper des Samens befindlichen Stoffe zu bewerkstelligen hat, so ist dies auch für das weitere Leben der Pflanze seine Aufgabe: es muß die im Pflanzensafte enthaltenen Stoffe in einer bestimmten Lösung erhalten, damit sich dieselben in der Pflanze bewegen und dieselbe die ihr eigenthümlichen Stoffe aus

ihr bilden kann. Diese hohe Bedeutung des Wassers sehen wir in sehr trocknen Jahren, vor allem auf leichten, sandigen Bodenarten in hervorragender Weise auftreten, wir können sie ferner im Kleinen in unseren Gärten und bei unseren Topfgewächsen täglich beobachten. Durch den Mangel an Wasser wird der Pflanzensaft, dem die Ernährung der Pflanzen obliegt, verdickt und kann dann nicht mehr in der früheren Weise die Ernährung derselben besorgen, so daß beim längeren Mangel des Wassers das Leben in der Pflanze aufhören, dieselben eingehen müssen. Die so äußerst günstige Wirkung des Wassers zeigt sich nach einem nach längerer Dürre fallenden Regen am schönsten.

§. 72.

b. Wassergehalt der Pflanzen.

Die Bedeutung des Wassers für das Pflanzenleben thut ferner die Menge, in welcher es in der Pflanze und allen Theilen derselben vorkommt, dar: die in voller Entwickelung stehenden Pflanzen enthalten auf 1 Th. Trockensubstanz 4—9 Theile Wasser.

In der folgenden Tabelle stelle ich den Wassergehalt unserer wichtigsten Culturpflanzen und deren Theile zusammen und zwar theils aus dem Grunde, um dadurch das soeben Gesagte weiter zu illustriren, theils auch deshalb, weil diese Zahlen später noch weiter nothwendig werden.

Zuerst führe ich den Wassergehalt einer großen Reihe von Futterpflanzen nach den Analysen von Ritthausen und Scheven an.

Agrostis canina . . .	71,4 %	(Hundswindhalm),
Aïra caespitosa . . .	70,3 „	(Rasenschmiele),
Alopecurus geniculatus	76,9 „	(Geknieter Fuchsschwanz),
„ pratensis .	66,8 „	(Wiesen-Fuchsschwanz),
Anthoxanthum odoratum	72,0 „	(Gelbes Ruchgras),
Avena pubescens . . .	73,1 „	(Kurzhaariger Hafer),
Cynosurus cristatus . .	72,6 „	(Gemeines Kammgras),
Dactylis glomerata . .	65,1 „	(Gemeines Knaulgras),
Festuca pratensis . .	74,8 „	(Wiesen-Schwingel),
„ rubra . . .	73,5 „	(Rother Schwingel),
Glyceria fluitans . . .	77,7 „	(Fluthendes Süßgras),
Holcus lanatus . . .	75,1 „	(Wolliges Honiggras),
Phalaris arundinacea .	68,9 „	(Rohrblättriges Glanzgras),
Poa pratensis	62,0 „	(Wiesen-Rispengras),
„ trivialis	78,0 „	(Gemeines Rispengras),
Triticum caninum . .	70,0 „	(Hundsweizen),
Arrhenaterum elatius .	67,0 „	(Hoher Glatthafer),

Avena flavescens . . .	59,5 %	(Gelblicher Hafer),
Bromus mollis . . .	66,8 „	(Weichhaarige Trespe),
Lolium italicum . . .	71,7 „	(Italienisches Raigras),
Phleum pratense . .	75,2 „	(Wiesen-Lieschgras),
Trifolium repens . .	68,2 „	(Kriechender Klee),
Trifolium filiforme . .	75,4 „	(Fadenförmiger Klee),
Vicia Sepium	77,7 „	(Zaun-Wicke),
„ Cracca	75,0 „	(Vogel-Wicke),
Lamthyrus pratensis .	76,1 „	(Wiesen-Platterbse),
Lotus corniculatus . .	79,2 „	(Gehörnter Schotenklee),
„ major	76,1 „	(Sumpf-Schotenklee),

Einer andern Untersuchung derselben Verfasser, welche den Wassergehalt einiger Pflanzen in verschiedenen Stadien der Entwickelung darthut, entnehme ich noch folgende Zahlen:

Grüne Wicke am .	23. Mai	83,7
	12. Juni	83,2
	23. „	82,9
	12. Juli	81,6
Wicke, Blätter am .	12. Juni	83,1
„ „ „	12. Juli	73,8
„ Stengel „	12. Juni	87,3
„ „ „	12. Juli	84,0
Erbsen, Blätter am	20. Juni	81,9
„ „ „	20. Juli	77,9
„ Stengel „	20. Juni	84,0
„ „ „	20. Juli	84,0
Saubohnen, Blätter		82,6
„ Stengel		90,1

In der jetzt folgenden Tabelle habe ich in Durchschnittszahlen von einer Anzahl von Analysen den Wassergehalt der vornehmsten Culturpflanzen und ihrer Theile zusammengestellt.

Ich gebe hier gleich die Mittelzahlen, da der Wassergehalt auch bei den verschiedensten climatischen und Bodenverhältnissen nicht sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen ist, z. B. lange nicht in dem Maaße variirt, als der Gehalt der Asche und deren Bestandtheile, weshalb ich die Anführung der diesen Mittelzahlen zu Grunde liegenden Angaben hier übergehen zu können glaube. Ich bemerke nur noch vorher, daß ich zu diesen Mittelzahlen vor Allem die Analysen von Anderson, Boussingault, Fehling und Faist, Fresenius, Grouven, Hellriegel, Mayer, A. Müller, Péligot, Ritthausen, Völker, Way und Ogston, E. Wolff und von mir benutzt habe.

Name der Pflanze.	Name des Pflanzentheils.	Wassergehalt in Procenten.	Zahl der benutzten Analysen.
Weizen	Same	12,3	83
	Stroh	13,1	46
Roggen	Same	14,0	20
	Stroh	15,6	4
Gerste	Same	13,5	60
	Stroh	14,0	9
Hafer	Same	13,0	33
	Stroh	15,4	8
Mais	Same	13,5	9
	Stroh	14,0	2
Erbsen	Same	13,6	13
	Stroh	14,2	3
Bohnen	Same	12,5	11
	Stroh	18,6	3
Wicken	Same	13,6	5
	Stroh	14,5	3
Lupinen	Same	12,8	5
	Stroh	14,2	1
Buchweizen	Same	14,0	1
Raps	Same	11,0	1
	Stroh	19,9	1
Kartoffeln	Knollen	76,0	33
	Kraut	85,1	10
Turnips	Wurzel	91,0	40
	Blätter	88,5	32
	Blätter von blühenden Pflanzen	88,4	1
Runkelrüben	Wurzel	88,2	17
	Blätter	90,8	4
Zuckerrüben	Wurzel	81,9	15
	Blätter	89,7	2
Mohrrüben	Wurzel	86,0	24
	Blätter	78,5	5
Flachs, feinfaseriger . .	Same	12,33	1
	GanzerStengel	11,60	1
	Samenkapsel	13,33	1
	Blätter	12,66	1
Flachs, grobfaseriger . .	Same	11,00	1
	GanzerStengel	20,71	1
Hopfen	Hopfenzapfen	10,08	3
	Blüthen	13,00	1
	Blätter	11,80	1
	Ranken	10,40	1

Name der Planze.	Name des Pflanzentheils.	Wassergehalt in Procenten.	Zahl der benutzten Analysen.
Tabak	Blätter	87,1	2
	Stengel	85,8	1
	Wurzel	84,1	1
Rother Klee	Same	17,27	
	Ganze Pflanze (Heu)	16,0	24
Weißer Klee	Same	12,15	
	Ganze Pflanze (Heu)	16,7	1
Esparsette	Same	?	
	Ganze Pflanze (Heu)	16,7	4
Luzerne	Same	?	
	Ganze Pflanze (Heu)	16,7	2
Wiesenpflanzen	Heu	14,4	20

D. Aufnahme des Wassers durch die Pflanzen.

§. 73.

Daß das Wasser durch die Wurzeln in die Pflanze gelangt, bedarf des Nachweises nicht, da ja die Wurzeln, wie wir wissen, die Hauptorgane für die Ernährung derselben sind. Zu untersuchen bleibt hier aber, ob auch die Blätter Wasser aufnehmen können und in welchem Aggregat-Zustande sich das durch die Blätter aufgenommene befinden muß, ob die Pflanze nur flüssiges, oder ob sie auch gasförmiges, ob sie also nur durch den Regen und Thau, oder ob sie auch durch den Nebel u. s. w. Wasser erhalten kann?

Was zunächst die Frage anbetrifft, ob die Pflanze überhaupt im Stande ist, durch die oberirdischen Theile Wasser zu absorbiren, so glaube ich, daß dieselbe bejahend beantwortet werden muß, wie dies schon von Mariotte in der 2ten Hälfte des 17. Jahrhunderts geschehen ist. Legt man etwas abgewelkte Zweige oder Blätter in der Art in Wasser, daß die Schnittflächen außerhalb desselben bleiben, so sieht man dieselben nach und nach ihre frühere Steifheit wieder annehmen, was nur durch Wasseraufnahme durch die Blattoberfläche zu erklären ist.

Bonnet spricht sich ebenfalls dafür aus, daß die oberirdischen Theile Wasser aufnehmen können (Thau).

Von neueren Versuchen zur Beantwortung der Frage, ob die oberirdischen Theile der Pflanzen Wasser aufnehmen können, sind mir nur die von Dutrochet bekannt, wenn auch noch von mehreren Seiten, wie z. B. von Sachs und Anderen Ansichten hierüber ausgesprochen sind, und zwar dahingehend, daß die Blätter Wasser aufnehmen können, so stützen sich dieselben doch nicht auf direct angestellte Versuche.

Dutrochet untersuchte, ob Regenwasser, Thau oder Nebel von den Blättern der Pflanzen absorbirt werden können, und sieht sich durch die Resultate seiner Versuche zur Verneinung dieser Frage veranlaßt.

Dutrochet operirte bei seinen Versuchen in folgender Art: Er brachte den Topf mit der Erde, in welcher sich die Pflanzen befanden, in einen Glascylinder und verschloß diesen dann so, daß weder Wasser aus der Erde verdunsten, noch von außen her etwas zu demselben gelangen konnte. Der Apparat mit der betreffenden Pflanze wurde gewogen und dann längere oder kürzere Zeit (bis 18 Stunden) dem Regen, Thau oder Nebel ausgesetzt und darauf wieder gewogen.

Dutrochet nahm an, daß, wenn die Pflanze durch die Blätter Wasser aufnehme, dies sich durch eine Gewichtsvermehrung des Apparats zeigen müsse. Da nun bei diesen Versuchen keine Gewichtszunahme oder wenigstens nur eine geringe statt hatte, so schloß Dutrochet hieraus, daß von den Pflanzen durch die Blätter kein Wasser aufgenommen sei. Bei den Versuchen über die Aufnahme von Regenwasser durch die Blätter operirte Dutrochet mit Fuchsia globosa, Plox decussata, Veronica Lindleyana u. a., bei denen, wo über die Aufnahme des Thaues durch die Blätter entschieden werden sollte, mit Fuchsia globosa und cordifolia, Mercurialis annua, Rochea falcata u. a., und schließlich bei denen, welche die Frage in Betreff der Aufnahme des Nebels durch die Blätter beantworten sollten, mit Veronica Lindleyana und Hortensia.

Dutrochet schließt aus diesen Versuchen, daß Regen, Thau und Nebel von den Blättern direct nicht aufgenommen werden, sondern daß dieselben nur indirect und zwar in der Art wirken, daß sie die Ausdünstung von Wasser durch die Blätter inhibiren. — Die Erde selbst nimmt Thau u. s. w. direct auf und führt denselben den Wurzeln zu.

§. 74.

Untersuchen wir jetzt, ob diese Versuche für die Frage entscheidend sein können, so müssen wir meiner Ansicht nach zu dem Resultate gelangen, daß dies in keiner Weise der Fall sein kann. Dutrochet setzte also verschiedene Pflanzen einige Zeit lang dem

Regen, Thau oder Nebel in der Weise aus, daß nur die oberirdischen Theile derselben mit Regen u. s. w. in Berührung kamen, und schließt daraus, daß sich hierbei keine Gewichtszunahme zeigte, auf die Nichtaufnahme von Wasser. Würden in dieser Zeit in der Pflanze weiter keine anderen Processe, welche in Abgabe und Aufnahme von Stoffen bestehen, vor sich gehen, würden dann die Pflanze zu dieser Zeit ein Bedürfniß nach Wasser gehabt haben, worüber aber bei der Beschreibung der Versuche nichts gesagt ist, so würde bei den erhaltenen Resultaten der Schluß ein gerechtfertigter sein; da aber in der Pflanze fortwährend sowohl bei Tage, wie in der Nacht, Processe vor sich gehen, welche auf das Gewicht der Pflanzen influiren, so kann die Waage allein hier entschieden nicht maßgebend sein. Die Waage kann nur eine Gewichtsab- oder zunahme feststellen aber nicht, worin dieselbe besteht.

Meiner Ansicht nach ist der einfachste und vielleicht einzige Weg, um über die Aufnahme von Wasser durch die Blätter zu entscheiden, der, daß man, nachdem der Topf mit der Erde, in welcher sich die Pflanzen befinden, vollständig dem Einflusse der umgebenden Luft entzogen ist, dieselben solange, als sie es ohne einzugehen ertragen können, dem Wassermangel aussetzt, um so die äußeren Erscheinungen der Trockenheit der Pflanzen erkennen zu können. Ist dieser Zeitpunkt eingetreten, so muß man die Pflanzen dem Regen, Thau oder Nebel aussetzen und nun beobachten, ob die Pflanzen wieder ihre frühere Straffheit u. s. w. annehmen. Hierbei kann denn wohl auch die Waage mit benutzt werden, indem man das Gewicht der Pflanzen mit dem Apparate beim Beginn des Versuchs, dann, wenn sie durch Wasserabgabe leichter geworden ist und schließlich am Ende des Versuchs bestimmt. Die Waage kann hierbei aber nie allein maßgebend, sondern das Auge des Experimentator. muß vor allem ausschlaggebend sein. Zu solchen Versuchen werden sich vor Allem solche Pflanzen eignen, welche in kurzer Zeit und leicht Wassermangel zeigen; die geeignetste Zeit zu demselben ist natürlich der Sommer. Trotzdem habe ich einige solche Versuche im Winter angestellt, weil ich sobald als möglich ein Resultat über diese Frage haben wollte. Der Sommer eignet sich deshalb am besten zu diesen Versuchen, weil man dann die atmosphärischen Niederschläge direct benutzen kann, während man sich im Winter die betreffende Atmosphäre für die Pflanze künstlich zu bereiten hat. Leider stand mir auch keine recht geeignete Pflanze zu Gebote, d. h. eine Pflanze, bei der sich der Wassermangel leicht beobachten läßt; ich mußte daher eine Pflanze nehmen, welche ziemlich lange Wassermangel ertragen kann.

Ich benutzte zunächst Dracena rubra, eine zu den Liliaceen gehörige Pflanze; der Versuch begann am 27. November; Pflanze mit dem Apparat wog an diesem Tage 79 Loth 3 Grm.; vom 27. November bis zum 18. December, wo sich ein Wassermangel deutlich zu erkennen gab, blieb sie in einem unbewohnten Zimmer; am 18. December wog der Apparat mit der Pflanze 77 Loth 14 Grm. Jetzt wurde die Pflanze unter eine Glocke, deren Luft vollständig mit Wasserdampf gesättigt war, gestellt; hierbei wurde der Pflanze sowohl gasförmiges, wie auch flüssiges Wasser geboten; hier blieb sie bis zum 6. Januar. Die Pflanze hatte während dieser Zeit ein viel frischeres Ansehen bekommen und wog jetzt mit dem Apparate 78 Loth 4 Grm.

Die Pflanze war also dem Versuche vom 27. Nov. bis zum 6. Jan., 42 Tage lang, ausgesetzt gewesen, ohne daß der Erde, in welcher sie sich befand, Wasser geboten worden wäre, und war am Schlusse des Versuchs, und ist jetzt nach mehreren Monaten, durchaus frisch und gesund. Wenn ich bei diesem Versuche von den erhaltenen Zahlen vollständig abstrahire, so glaube ich, thut das soeben über das Befinden der Pflanzen Gesagte vollständig dar, daß die Pflanze durch die Blätter Wasser aufnehmen kann; wäre dies nicht der Fall, so hätte sie während der 42 Tage, die der Versuch dauerte, sicherlich eingehen müssen.

Bedenken wir ferner noch, wie schnell sich die Pflanzen im Sommer nach längerer Trockenheit bei eintretendem Regen erholen und ein frisches Ansehen erhalten, während doch die Aufnahme von Wasser durch die Wurzeln und Aufsteigen desselben bis zu den Blättern wenigstens 1 bis 2 Stunden dauert, so glaube ich mit Sicherheit aussprechen zu können, daß die Pflanzen im Stande sind, durch die Blätter Wasser aufzunehmen.

Ob die Pflanze das Wasser durch die Blätter in flüssiger und gasförmiger Form aufnehmen kann, oder nur in der flüssigen, ist bis jetzt noch nicht mit Sicherheit anzugeben, wahrscheinlich ist indessen, daß sie gasförmiges Wasser nicht aufzunehmen im Stande ist.

E. Die Verdunstung des Wassers durch die Blätter.

§. 75.

a. Geschichtliche Entwickelung.

Der erste, welcher auf die Absonderung von dunstförmigem Wasser durch die Pflanze und auf die Wichtigkeit dieser Erscheinung für die Ernährung aufmerksam machte, war Mariotte im Jahre 1679.

Diese Thätigkeit der Pflanze, welche für das Leben derselben von ganz außerordentlicher Wichtigkeit ist, wird von so manchen Seiten jetzt noch bezweifelt, weshalb es umsomehr des sicheren Beweises für dieselbe bedarf. Die hohe Wichtigkeit dieser Action für die Pflanze läßt sich schon, wenn auch weiter nichts darüber bekannt wäre, aus der so sehr bedeutenden Menge des verdunstenden Wassers (siehe die späteren Angaben) schließen.

Wir wissen ja, daß das scheinbar kleinste in der Natur für seinen Platz doch durchaus nothwendig und unersetzlich ist, daß ohne Nutzen, ohne Zweck sowohl im pflanzlichen, wie im thierischen Organismus Nichts vorhanden ist, daß jede Thätigkeit im organischen Leben ihren bestimmten Zweck hat, wenn auch oft die Kurzsichtigkeit des Menschen denselben nicht zu erkennen vermag. Wenn wir nün aber eine durch ihre Größe schon so bedeutende Thätigkeit ausüben sehen, so ist der Schluß, daß dieselbe für das Leben der Pflanze von höchster Wichtigkeit sein muß, ein durchaus gerechtfertigter.

Specieller wurde nach Mariotte die Wasserabgabe der Pflanze durch die Blätter von Hales bearbeitet, welcher schon im Jahre 1738 durch Versuche die Menge der von einzelnen Pflanzen in einer bestimmten Zeit abgegebenen Wassers bestimmte. So beobachtete Hales, daß Helianthus annuus durchschnittlich in 24 St. 567 Grains Wasser, ein Kohlkopf 538 Grs. aushauchten, er fand ferner, daß Citronenbäume mit ihren lederartigen Blättern weniger Wasser, als Bäume, welche ihr Laub im Herbst abwerfen, abgeben. Hales bezeichnet die Blätter als die vorzüglichsten Organe für die Abgabe des Wassers.

Ferner machte Guettard im Jahre 1747 eine Anzahl von Bestimmungen über die Verdunstung von Pflanzen und fand z. B., daß ein

Johannisbeerstrauch	in 16 Tagen	8 Unzen	2 Quentchen,		
Zahnwurz . . .	„ 15 „	5 „	$7\frac{1}{2}$ „		
Beifuß	„ 15 „	5 „	7 „	51 Gran.	
Karnelkirschenbaum	„ 14 „	20 „	$4\frac{1}{2}$ „		
Flieder	„ 1 „	— „	$7\frac{1}{2}$ „	10 „	

Wasser abgab.

Im nächsten Jahre stellte Guettard noch eine große Anzahl derartiger Versuche an, wobei er z. B. für den Färberbaum, 3 Unzen 2 Gr. wiegend, während dreier Monate eine Wasserabgabe von 30 Unzen 18 Gran beobachtete; hierbei waren die Wägungen täglich gemacht und genaue Beobachtungen über die Temperatur, über Regen 2c. angestellt.

Außer diesem Versuche wurden im Ganzen noch 102, theils mit verschiedenen Pflanzen gemacht, theils mit denselben, aber mit verschiedenen Theilen derselben, theils auch zur Beantwortung der Frage, ob bei Schatten oder Licht mehr exhalirt werde, ob der bedeckte Theil einer Pflanze auch verdunstet oder nicht.

Guettard fand nun, daß

a. die Transpiration während der Nacht sehr gering ist;
b. die directen Sonnenstrahlen die Transpiration vermehren, während sie im Schatten geringer ist;
c. die immergrünen Pflanzen weniger, als die anderen transpiriren (dies war auch schon von Hales beobachtet);
d. der bedeckte Theil einer Pflanze entweder nicht, oder wenigstens nur sehr schwach exhalirt;
e. die Ausscheidung nach den Jahreszeiten eine verschiedene ist.

Weitere zahlreiche Versuche wurden von Bonnet angestellt; nach ihm sind die Blätter ebenfalls die eigentlichen Organe der Abgabe des Wassers, und zwar ist die untere Fläche derselben geneigter zur Transpiration als die obere. Diese Versuche wurden dann zum Theil wiederholt, zum Theil in ihren Resultaten vermehrt von Sennebier, welcher nicht nur die Thatsache der Exhalation festzustellen, sondern auch den Ursachen derselben nachzuforschen versuchte. Sennebier gelangte durch seine Beobachtungen zu der Ansicht, daß nicht die Wärme, sondern das Licht die Ausscheidung hauptsächlich begünstige. Nach ihm ist das Verhältniß zwischen dem von der Pflanze aufgenommen und dem von ihr abgegebenen Wasser an heißen Tagen = 15 : 13, sonst = 3 : 2 und nie unter 4 : 1. Nach Sennebier wurden dann von den nächsten Forschern die Specialitäten, bei der Wasserabgabe, näher untersucht. So fand v. Gleichen, der Entdecker der Spaltöffnungen der Blätter, daß diese die vorzüglichsten Organe der Wasserausscheidungen seien, was von Knight im Jahre 1803 bestätigt wurde, so daß von jetzt an von den Physiologen die Spaltöffnungen als die wesentlichsten Organe für die Abgabe des Wassers betrachtet wurden.

Jetzt wurde wieder von einigen Forschern zur Bestimmung der abgegebenen Wassermenge bei den einzelnen Pflanzen übergegangen. Saint-Martin fand, daß ein Kohlkopf in 24 Stunden 23 Unzen Wasser verdunste, ferner ein Maulbeerbaum 18 Unzen, eine Maispflanze 7 Drachmen, Kohlstaude 23 Unzen, Heliotrop 34 Unzen u. s. w.

Saint-Martin beobachtete ferner, daß nasse Erde mehr Wasser verdunstete, als reines Wasser; untersuchte dann, woher das von den Pflanzen verdunstete Wasser stamme, und kommt hier zu dem Resultate, daß der Regen u. s. w. des Sommers allein denselben das nothwendige Wasser nicht darbieten könne, weshalb die meteorischen Niederschläge des Winters den Pflanzen im Sommer ebenfalls als Quellen für die Wasseraufnahme dienen müssen. Weiter beobachtete er, daß die von einem nackten Boden verdunstete Wassermenge bedeutend größer sei, als die von einem Bewurzelten.

(Der Versuch war auf einer Wiese, bei welcher das Gras 15mal abgeschnitten wurde, gemacht.)

Von Plenk werden dann in seinem Buche über Physiologie u. s. w. der Pflanzen, die Arbeiten seiner Vorgänger, ohne daß die Namen derselben genannt sind, zusammengefaßt und die Gesetze für die Ausdünstung, wie folgt, aufgestellt, 1. die unmittelbare Einwirkung der Sonnenstrahlen befördere die Ausdünstung, 2. kalte Witterung, sowie regnerische, feuchte Luft verringert sie, ja läßt sie fast aufhören; 3. starke Pflanzen dünsten mehr als schwache aus. Den Nutzen der Ausdünstung findet er darin, daß durch dieselbe die Pflanzen von ihren überschüssigen Säften befreiet werden, weil die Pflanzen untergehen, wenn dieselben unterdrückt werden. Woodward, welcher ebenfalls mehrfache Bestimmungen über die Wasserabgabe macht und die Menge des exhalirten Wassers mit der von der Pflanze verbrauchten vergleicht, kommt hierbei zu dem Resultat, daß jenes das 46fache von diesem betrage.

De Candolle macht dann wieder die Art der Verdunstung zum Gegenstande seiner Untersuchungen; er unterscheidet bei der Wasserabgabe der Pflanzen zwischen unmerklichem Abgang des Wassers und wässeriger Aushauchung; ersteren hält er für einen physikalischen Proceß, letztere dagegen für einen Lebensact der Pflanze; ersteres findet nach ihm bei allen Pflanzentheilen statt, welche Wasser enthalten, z. B. bei den Früchten, Knollen u. s. w.; letzteres werde dagegen vorzüglich nur durch die Blätter und bei diesen durch die Spaltöffnungen bewirkt.

Miquel untersucht darauf den Einfluß des Lichtes auf die Ausdünstung und findet, daß sich die Ausdünstung unter dem Einfluß des Lichtes, wenn alle übrigen Momente gleich gesetzt werden, zu der bei vollkommenem Lichtmangel wie 1 : 0,59 verhalten.

Wir kommen jetzt den Arbeiten der Neuzeit, zu denen auch schon die von de Candolle und Miquel zu zählen sind, näher. Jetzt ist zunächst Schleiden zu nennen, welcher in seinen Grundsätzen der wissenschaftlichen Botanik die Ausdünstung in einer nicht vollständig mit Wasser geschwängerten Atmosphäre für einen rein physikalischen Proceß erklärt, der bewirkt werde und abhängig sei von der Trockenheit und Bewegung der Atmosphäre, der Temperatur und der Oberfläche. Auch Schleiden hält die Spaltöffnungen für die Organe der Ausdünstung; dies wird auch von H. v. Mohl durch Versuche bestätigt.

Lawes macht wieder Bestimmungen über die Menge des verdunstenden Wassers. 3 Weizen- und 3 Gerstenpflanzen, 1 Bohne und 1 Erbsenpflanze verloren jede in 172 Tagen, während sie sich entwickelten, blühten

und reiften 7—8 Kilogr., eine Kleepflanze ungefähr 4 Kilogr. Wasser. Lawes zeigt dann, daß die Transpiration im Juli und August am stärksten ist, sie betrug z. B. das Vierfache von der im Mai.

Schübler bestimmt die Wasserabgabe von Poa annua und Hopfen: ein Quadratfuß Boden mit ersteren Pflanzen bedeckt, giebt täglich 1,184 Pfd. ab, dies macht für den Morgen auf die 6 Sommermonate berechnet 6,100925 Pfd. Wasser; bei Hopfen betrug die Menge des verdunsteten Wassers für die Pflanzen eines Morgens circa 4½ Mill. Pfd.

Die ausführlichsten Versuche über die Wasserausdünstung der Pflanzen sind von Unger gemacht worden; bevor ich aber zur Besprechung derselben übergehe, führe ich noch die Resultate der Versuche W. Knop's über diesen Gegenstand an, obgleich die Arbeiten des letzteren später als die Unger's gemacht sind.

Knop beobachtet die Wasserabgabe bei verschiedenen Pflanzen, wie folgt:

1 Mill. Blätter	des Weinstocks	verdunsten in 24 Stunden	5616	Kilogr. Wasser,
" " "	der Georginen	" " " "	3168	" "
" " "	" Erlen	" " " "	10296	" "
" " "	" Erdbeeren	" " " "	3960	" "
" " "	" Buchen	" " " "	144	" "
" " "	" Weiden	" " " "	1128	" "
" " "	des Rapses	" " " "	8352	" "

Knop berechnet ferner die durch den Regen zur Erde gelangende Wassermenge und kommt durch Vergleichung dieser mit der durch die Pflanzen verdunsteten zu dem Resultate, daß sie für letztere lange nicht ausreicht, daß vielleicht hierdurch nicht einmal der 10te Theil der Pflanze geboten würde.

§. 76.

b. Die Versuche Unger's über die Transpiration.

Unger bestimmte bei seinen Versuchen zuerst die Menge des verdunsteten Wassers bei Digitalis purpurea, wobei zugleich die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Witterungsverhältnisse beobachtet wurden; für die Bestimmung der Luftfeuchtigkeit hat Unger einen Verdunstungsmesser — Atmometer — construirt.

Von den von Unger erhaltenen Zahlen führe ich hier der Kürze wegen nur einige an:

Zeit der Beobachtung.	Verlust durch Transpiration.	Temperatur der Luft.	Absolute Luftfeuchtigkeit in %	Witterungsverhältnisse.	Aussehen der Pflanze.	Gewinn an Wasser durch Befeuchtung.
7. Juni 1853	41,25	19,0° C.	77,4	Einzelne Sonnenstrahlen, Platzregen.		100
8. " "	26,55	19,5 "	68,1	Heiter, Sonne.		
9. " "	43,25	20,2 "	67,2	Gewitter, heiter, etwas Regen.		
10 " "	31,11	18,0 "	78,5	Wenig Regen, heiter.		
11. " "	22,94	17,2 "	73,3	Wolkenbruch, heiter.		
12. " "	35,90	16,5 "	70,1	Heiter, Sonne, trübe.		
13. " "	26,48	15,3 "	87,6	Trüb und Regen.		
14. " "	34,20	19,4 "	71,6	Trüb, Sonnenschein.	Die unterste Coralle fängt an sich zu entwickeln, die unterste geöffnet.	
15. " "	34,79	17,8 "	63,1	Sonnenschein.		
16. " "	29,08	15,6 "	98,7	Trüb, Regen, trüb.		90
17. " "	21,35	17,3 "	86,9	Regen, trüb, Sonne, Gewitterregen.		
18. " "	19,60	18,7 "	81,9	Sonne, Gewitterregen, Regen.	Alle Blätter schlaff.	100
19. " "	12,10	16,0 "	91,6	Regen, trüb, Gewitterregen, Regen.		
20. " "	22,35	19,0 "	78,5	Trüb, Sonnenschein.	Alle Blätter wieder steif, die Pflanze in vollster Blüthe.	
21. " "	22,75	14,7 "	81,9	Heftiger Wind, trüb, Sonne, trüb.		

Nach der Feststellung der Menge des verdunsteten Wassers ermittelte Unger den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Verdunstung, zu welchem Zwecke er zwei gleichartige Pflanzen von Ricinus communis benutzte. Nr. 1 blieb frei, Nr. 2 dagegen wurde so von einer Glasglocke bedeckt, daß sich die Pflanze fortwährend in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre befand. Die Blattoberfläche bei I. betrug 190 Quadrat=Centimeter und die von II. 160, letztere sind in der folgenden Tabelle auf 190 berechnet.

Zeitdauer der Beobachtung.	Verlust an Wasser. I.	Verlust an Wasser. II.	Temperatur der Luft.
Vom 19. Juli, 7 Uhr Abends, bis 20. „ „ „ „	11,60	1,66	16
Vom 20. Juli, 7 Uhr Abends, bis 21. „ „ „ „	17,05	1,14	13,6
Vom 21. Juli, 7 Uhr Abends, bis 22. „ „ „ „	16,77	1,55	15,4
Zusammen . .	45,42	4,35	

Das Verhältniß zwischen der Ausdünstung von I. zu II. ist somit = 10,44 : 1.

Andere gleich angestellte Versuche ergaben ähnliche Resultate.

Eine andere Versuchsreihe wurde dann angestellt, um das Verhältniß zwischen dem von einer bestimmt großen Blattoberfläche und dem von einer gleich großen Wasserfläche verdunsteten Wasser festzustellen. Die hierbei erhaltenen Resultate sind auf der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Zeit der Beobachtung.	Ein Blatt von Digitalis purpurea, von 5000 Q.=M.M. Oberfläche, transpirirt in 24 Stunden, in Grm.	Eine Wasseroberfläche von 5000 Q.=M.M. verdunstet in 24 Stunden in Grm.	Der Wasserverlust der Pflanze = 1 gesetzt, so hat eine gleich große Wasserfläche verdunstet.	Bewegung der Luft.
Vom 6.—7. Juli	3,232	4,532	140	
„ 7.—8. „	2,080	3,084	148	
„ 8.—9. „	3,389	8,459	249	
„ 9.—10. „	2,438	5,199	213	
„ 10.—11. „	1,798	2,467	137	
„ 11.—12. „	2,813	5,904	209	
„ 12.—13. „	2,075	6,168	297	
„ 13.—14. „	2,680	4,758	177	
„ 14.—15. „	2,726	5,728	210	
„ 15.—16. „	2,729	8,107	355	
„ 16.—17. „	1,673	3,524	210	
„ 17.—18. „	1,496	4,846	323	
„ 18.—19. „	0,948	2,467	260	
„ 19.—20. „	1,751	3,348	191	
„ 20.—21. „	1,782	7,578	425	Starker Wind.

Hiernach ergiebt sich für den halben Monat das Verhältniß zwischen dem von der Pflanze und dem von einer gleich großen Wasseroberfläche verdunsteten Wasser = 1 : 2,36 ; die von Unger für den ganzen Monat fortgesetzte Beobachtung ergab im Mittel das Verhältniß von 1 : 3.

Eine weiter zu beantwortende Frage war, ob die Verdunstung nur von der Größe der Blattoberfläche abhänge, oder ob der Character der Pflanze ebenfalls dabei ein Factor sei. Von den zur Beantwortung dieser Frage angestellten Versuchen führe ich hier folgende an, wobei ich noch bemerke, daß die Zahlen sich auf gleiche Blattoberflächen beziehen.

Zeit.	Name der Pflanze: Verbascum Thapsus, Blattoberfläche = 540 Q.-Cm.		Polygonum lapathifolium, Blattoberfläche = 334 Q.-Cm.	
	Wasser in 24 Stund.	Aussehen der Pflanze	Wasser in 24 Stund.	Aussehen der Pflanze.
21.—22. Juli	18,9	Frisch.	55,7	Frisch.
23. „	15,1		60,5	Die untersten Blätter welk.
24. „	16,1		59,5	
25. „	11,8		36,8	5 Bl. welk.
26. „ 27. „	21,0		51,4	8 Bl. welk.
28. „	10,4	Blätter welk.	22,1	
	93,3		286,0	

Zeit.	Name der Pflanze: Sachuea sativa, Blattoberfläche = 504 Q.-Cm.		Fragaria elatior, Blattoberfläche = 311 Q.-Cm.	
	Wasser in 24 Stund.	Aussehen der Pflanze	Wasser in 24 Stund.	Aussehen der Pflanze
28.—29. Juni	17,7	Vollkommen frisch.	26,3	Vollkommen frisch.
30. „	7,7		12,3	
1. Juli	40,9		65,3	
2. „	63,2		94,7	
	129,5		198,6	

Der Character der Pflanze bildet also ebenfalls einen der Factoren, welche auf die Transpiration influiren.

Schließlich unterwarf Unger noch die Periodität der Ausdünstung, den Unterschied derselben bei Tag und Nacht, einer Untersuchung, wobei zugleich die Verschiedenheit der Transpiration zwischen der oberen und unteren Blattoberfläche mit beobachtet wurde. Von den Resultaten dieser Versuche führe ich hier folgende an:

Brassica rapa.

Blattseite.	Zeit des Versuchs.	Dauer desselben.	Menge des von 5410,8 Q.-M.M. Fläche transpir. Wassers in Grm.	Blattseite.	Zeit des Versuchs.	Dauer desselben.	Menge des von 5410,8 Q.-M.M. Fläche transpir. Wassers in Grm.
Unterseite.	11. Sept.	$10^1/_2 - 12^1/_2$	1,550	Oberseite.	15. Sept.	9—11	0,550
		$12^1/_2 - 2^1/_2$	0,600			11—1	0,600
		$2^1/_2 - 4^1/_2$	0,500			1—3	0,800
		$4^1/_2 - 6^1/_2$	0,000			3—5	0,500
		$6^1/_2 - 7^1/_2$	0,000			5—7	0,200
		$7^1/_2 - 10^1/_2$	0,000			$7 - 9^1/_2$	0,300
		$10^1/_2$ Abends bis $10^1/_2$ Morg.	1,000			$9^1/_2$ Abends bis $9^1/_2$ Morg.	0,000
			3,650				2,950
Unterseite.	21. Sept.	$9^1/_2 - 10$	1,150	Oberseite.	21. Sept.	9—11	1,150
		$10 - 11^1/_2$	2,000			11—1	1,500
		$11^1/_2 - 12$	1,000			1—3	1,000
		12—1	1,000			3—9	0,700
		1—2	1,500			9 Abends bis 9 Morgens	0,000
		$2 - 9^1/_2$	0,900				
		$9^1/_2$ Abends bis $9^1/_2$ Morg.	0,000				
			7,550				4,35

Unger bemerkt hierzu noch, daß wenn auch nach diesen Versuchen sich ergiebt, daß während der Nacht keine Verdunstung stattfindet, dies doch nicht entscheidend für die Frage sei, da geringe Mengen Wasser bei der eingeschlagenen Methode nicht bestimmt werden konnten; er habe sich jedoch durch andere Versuche überzeugt,

daß selbst unter ungünstigen Verhältnissen immer noch kleine Mengen von Wasserdampf von den Blättern an die Atmosphäre abgegeben werden.

c. Einfluß der physikalischen und chemischen Beschaffenheit des Bodens auf die Transpiration.

§. 77.

Von den bisher genannten Beobachtern ist der Einfluß, welchen die physikalische und chemische Beschaffenheit des Bodens auf die Transpiration ausüben kann, nicht berücksichtigt, da aber sicherlich der Boden ebenfalls einen Factor der Transpiration ausmacht, so wurden hierüber von Sachs Versuche angestellt, denen wir folgende höchst interessante Resultate verdanken.

Sachs untersuchte zunächst den Einfluß, welchen gewisse Salzlösungen auf die Transpiration äußern. Zu diesem Zwecke wurden jedes Mal 2 möglichst gleiche Pflanzen gewählt, welche sich entweder in der Erde befanden, wo dann die eine mit reinem Wasser, die andere mit einer Salzauflösung und zwar einer Lösung von Salpeter, schwefelsaurem Ammoniac, Gyps oder Kochsalz begossen wurde, oder er änderte die Versuche in der Art ab, daß die Pflanzen mit ihren Wurzeln entweder in reinem Wasser oder der betreffenden Salzlösung standen.

Diese Versuche ergaben, daß die Verdunstung durch die Gegenwart der betreffenden Salzlösungen, von welchen sich vor Allem Gyps und Kochsalz in ihrer Wirkung auszeichneten, verzögert wurde, d. h. die Pflanzen, deren Standort mit reinem Wasser begossen war, transpirirten mehr in einer bestimmten Zeit und unter sonst gleichen Verhältnissen, als die mit den betreffenden Salzlösungen behandelten, wobei aber die Pflanzen in beiden Fällen gleich frisch und turgescent waren. Hieraus folgt, daß die mit reinem Wasser begossenen Pflanzen den Boden in viel kürzerer Zeit das Wasser entziehen, als die mit Salzlösungen, daß also hier in weit kürzerer Zeit Wassermangel eintreten wird; sobald dieser Zeitpunkt eintritt, beginnen natürlich die Pflanzen zu welken, während die anderen noch immer so viel Wasser haben, als sie bedürfen und daher frisch bleiben. Die Salzlösung wirkt also als ein regulatorisches Princip, sie verlangsamert die Wasseraufnahme, erhält dadurch den Boden länger feucht und macht es so der Pflanze möglich, noch längere Zeit ihren Wasserbedarf zu decken.

Je stärker die Lösung ist, ohne daß sie selbst der Wurzel schadet,

um so größer ist die Verzögerung der Verdunstung. Diese nimmt auch mit der Länge der Berührung der Wurzel zu, wodurch ja auch die Concentration erhöht wird.

Die Hauptzahlen der Vers. zeigt folgende Tab.:

Name der Pflanze.	Zeit des Versuchs.	Reines Wasser; hierbei verdunstet in Grm.	Salzlösung. Art derselben.	Salzlösung. Verdunstete Wassermenge in Grm.	Art des Bodens.
Vicia faba (Saubohne)	15.—21. Aug.	54,6	1 % Salpeter-Lösung.	32,9	?
Cucurbita Pepo (Kürbiß)	16.—26. „	171,6	dito	157,35	Humoser Sandboden.
dito	16.—14. „	83,15	1 % schwefelsaure Ammoniac-Lösung.	65,35	dito.
Junge Tabakspflanze .	20.—31. „	339,1	1 % Salpeter-Lösung.	267,3	Schwarzer Humus und grober Sand.
dito	9.—11. Sept.	30,7	$^1/_8$ % Gyps-Lösung.	14,6	Reicher Buchenhumus.
Junge Maispflanze . .	19.—25. Aug.	18,15	0,33 schwefelsaure Ammoniac-Lösung.	7,0	Wasser.
dito	19.—22. „	18,15	0,5 dito.	6,5	dito.
Kürbiß	4.—7. Sept.	17,5	0,5 % Kochsalz-Lösung.	4,6	dito.

§. 78.

Sachs untersuchte ferner den Einfluß, welchen die Adhäsion des Wassers an den Boden auf die Verdunstung ausübt, ob sie ähnlich, wie die Salzlösung die Verdunstung verzögert. Die Kraft, mit welcher die verschiedenen Bodenarten das Wasser zurückhalten, ist eine verschieden große; diese Kraft muß von den Wurzeln überwunden werden, daher liegt der Schluß, daß hierdurch die Leichtigkeit der Aufnahme von Wasser aus den einzelnen Böden eine verschiedene ist, sehr nahe: daß nämlich die Auffaugung um so langsamer sein muß, je größer die wasserhaltende Kraft eines Bodens ist. Zur Entscheidung dieser Frage machte Sachs Versuche mit Tabakspflanzen in Lehm und Sandboden. Das Resultat war, daß die Pflanzen im Lehmboden mehr Wasser aufgenommen und somit auch abgegeben hatten, als im Sandboden.

So gaben die Pflanzen im Lehmboden bei einem Versuche (11 Tage) 190,7 Grm., bei einem 2ten (8 Tage) 108,7 Grm. Wasser ab; im Sandboden 175,9 Grm. (in 11 Tg.) und 101,5 Grm. (in 8 Tg.). An einzelnen Tagen, bemerkt Sachs, ist die Transpiration der Pflanzen im Sande stärker, als die im Lehmboden; der Lehm macht den Gang der Verdunstung gleichmäßiger; der Sand leistet bei seiner geringen wasserhaltenden Kraft bei jeder Anregung zur Wasseraufnahme durch die Wurzel derselben Folge, während der Lehm dies wegen seiner größeren wasserhaltenden Kraft nicht thut. Dagegen findet die Pflanze im Lehmboden dann eine Anregung im höheren Grade von letzterem, wenn diese von oben fehlt, dies erklärt sich dadurch, daß sich der Lehm viel dichter an die Wurzel anlegt, als der Sand, den Wurzeln werden daher weit mehr Berührungspunkte mit dem Wasser, als beim Sandboden geboten.

Nachdem dieser Einfluß der Bodenarten auf die Verdunstung festgestellt war, mußte ferner noch das Verhältniß der Pflanze zum Bodenwasser geprüft, d. h. der Punkt bestimmt werden, bis zu welchem die Pflanze die Fähigkeit besitzt, dem Boden Wasser zu entziehen, wo also die Anziehungskraft des Bodens zum Wasser der Wasseraufnahme der Pflanze gleich steht.

Die von Sachs über diesen Punkt angestellten Versuche ergaben, daß schwarzer Humusboden, welcher 46 Theile Wasser festhalten konnte, bei einem Wassergehalt von 12,3%, Lehmboden mit 52,1% wasserhaltender Kraft bei 8% Sandboden mit 20,8% wasserhaltender Kraft bei 1,5% an die Pflanze nichts mehr abgeben: Der Humusboden konnte also 33,7, der Lehmboden 44,1 und der Sandboden 19,3% Wasser der Pflanze zukommen lassen. — Der Character der einzelnen Pflanzen wird hier aber sicherlich von wesentlichem Einfluß sein, die eine Pflanze mit größerem Wasserbedürfniß wird einem Boden mehr Wasser entziehen können als eine andere mit geringerem Bedürfniß nach Wasser. —

Schließlich prüfte Sachs noch den Einfluß der Boden-Temperatur auf die Wasserabscheidung der Pflanzen; er fand hier, daß mit der Boden-Temperatur auch die Energie der Blattthätigkeit bedeutend wächst. Sachs bemerkt hierbei noch, daß wir hierdurch wenigstens eine bestimmte Vorstellung über das Verhältniß der Boden-Temperatur zum Vegetationsprocesse gewonnen haben.

F. Das durch das Regenwasser während der Vegetation zur Ackererde geführte Wasser deckt den Wasserbedarf der Pflanzen nicht.

§. 79.

Wir haben in den vorherigen Paragraphen die bedeutenden Wassermengen kennen gelernt, welche die Pflanzen durch die Transpiration an die Atmosphäre abgeben; es liegt daher die Frage nahe, ob der Regen, welcher in der Vegetations-Zeit der Pflanzen fällt, für diesen Bedarf ausreicht. Diese Frage ist schon, wie wir früher gesehen haben, von mehreren Beobachtern gestellt und verneinend beantwortet worden.

Zur Beantwortung der Frage müssen wir uns zunächst mit der Regenmenge, welche in gewissen Zeiträumen auf eine bestimmte Fläche fällt, bekannt machen. Hierzu benutze ich einige von den Angaben, welche Dove über die in Preußen auf den einzelnen Stationen beobachteten Regenmengen veröffentlicht hat.

Die in der folgenden Tabelle p. 184 aufgeführten Zahlen sind Durchschnittszahlen aus mehrjährigen (meistens 5 Jahren) Beobachtungen.

Die Regenhöhe ist in Par. Linien angegeben.

Nehmen wir, um uns eine Vorstellung über die Wassermenge zu machen, welche auf einen preuß. Morgen fällt, als Beispiel die Regenmenge von Königsberg und berechnen hier die auf den Morgen fallende Wassermenge, so beträgt diese für das ganze Jahr 2,450328 Zollpfund.

Die durch den Regen zur Ackererde gelangende Wassermenge repräsentirt aber nicht das Wasserquantum, welches den Pflanzen zu Gebote steht, sondern diese erhalten hiervon stets nur einen Bruchtheil, welcher den Verhältnissen noch ein verschiedener ist. Ein Theil des gefallenen Wassers sickert durch den Boden durch und geht ganz oder wenigstens theilweise verloren.

	Cleve.	Bonn.	Trier.	Brocken.	Erfurt.	Halle.	Breslau.	Posen.	Berlin.	Stralsund.	Stettin.	Danzig.	Königsberg.
Januar . .	31,90	20,34	30,14	32,72	8,63	11,19	9,04	16,84	16,21	17,57	12,53	8,62	18,20
Februar . .	35,42	18,25	17,83	65,23	15,47	18,05	9,04	18,16	23,49	11,59	17,46	14,27	26,02
März . . .	21,03	19,28	15,79	46,97	16,84	13,82	8,06	13,02	16,24	13,39	12,61	12,02	17,39
April . . .	29,60	22,43	33,52	37,67	31,55	20,50	12,35	15,83	24,54	20,79	21,00	22,03	13,52
Mai . . .	31,27	26,63	31,24	34,00	27,98	29,24	14,54	14,55	22,57	14,84	18,10	20,46	16,20
Juni . . .	28,44	26,89	26,74	36,89	26,24	39,46	35,02	32,82	38,98	27,03	24,63	26,31	32,38
Juli . . .	30,49	30,59	37,02	60,39	26,76	21,09	22,44	22,78	20,98	21,15	21,03	21,29	26,07
August . .	37,92	38,88	33,44	44,86	24,90	15,48	16,41	21,39	21,89	24,42	26,68	38,97	40,34
September .	24,34	23,80	20,03	76,22	21,77	28,03	13,49	24,81	17,74	25,08	18,57	36,12	33,56
October . .	37,52	27,39	27,16	56,93	25,32	11,45	18,74	20,74	21,66	26,09	20,51	16,39	32,02
November .	27,17	21,19	19,74	45,54	15,61	17,16	11,70	21,63	22,31	19,98	19,69	18,40	27,49
December .	27,76	20,63	15,60	43,92	8,22	8,89	6,41	9,82	16,61	19,60	12,66	9,87	23,59
Winter . .	95,08	59,22	63,57	141,87	32,32	38,12	24,48	44,81	56,31	48,76	42,66	32,76	67,81
Frühling . .	81,90	68,34	80,55	118,64	76,37	63,55	34,95	43,40	63,35	49,02	51,71	44,51	47,11
Sommer . .	96,75	96,36	47,19	142,14	77,90	76,04	73,88	77,90	81,85	72,61	72,34	86,56	98,79
Herbst . . .	89,04	72,37	66,92	178,74	62,70	56,64	43,93	67,18	61,44	71,15	58,78	70,91	93,07
Jährliche Regenhöhe in Zollen .	30,23	24,69	25,69	48,45	20,77	19,57	14,77	19,37	21,91	20,13	18,79	19,56	25,57

Nach Parker beträgt die Wassermenge, welche durch die Drains weggeführt wird, in durchschnittlicher Beobachtung von 5 Jahren 42,4% oder in runder Summe $^{2}/_{5}$ des Regenfalls. Die Schwankungen in den 5 Jahren waren indeß bedeutend, nämlich von 33—57%.

Ein Theil des Regenwassers fließt ferner von der Ackerkrume selbst ab; die Menge dieses Wassers hängt von der Lage der Felder, der Stärke des Regens, und der physikalischen Beschaffenheit des Bodens ab.

Schließlich verdunstet noch ein Theil des gefallenen Regens; die hierdurch der Ackerkrume und so den Pflanzen verloren gehende Wassermenge wird, abgesehen von der physikalischen und chemischen Beschaffenheit des Bodens, von der Bedeckung bedingt: je vollständiger diese, um so geringer ist die Menge des verdunsteten Wassers.

Aus allem diesen können wir also mit Sicherheit schließen, daß nicht die Hälfte des Regenwassers, welches zum Boden gelangt, den Pflanzen zu Gute kommt.

Betrachten wir jetzt die Menge von Wasser, welche von den Pflanzen transpirirt wird und benutzen hierzu einige Angaben von Lawes und Schübler, so werden wir sehen, daß diese die den Pflanzen durch den Regen gebotene um vieles übersteigt.

Nach Lawes verdunsten 3 Weizenflanzen, 1 Bohnen- und 1 Erbsenpflanze in 172 Tagen 7—8, eine Kleepflanze circ. 4 Kilogr.

Nehmen wir auf den Quadratfuß 100 Weizenflanzen an, so erhalten wir auf den Morgen 1,800000 Pflanzen, welche nach diesen Angaben 9 Millionen Pfund Wasser verdunsten; bei der Zugrundelegung von nur 25 Pflanzen auf den Quadratfuß erhalten wir schon $2^{1}/_{4}$ Mill. Pfund.

Schübler beobachtete, daß ein mit Poa annua bestellter Morgen innerhalb der 6 Sommermonate über 6 Millionen, ein mit Hopfen bestandener Morgen circ. $4^{1}/_{4}$ Mill. Pfund verdunstet.

Vergleichen wir diese Menge des transpirirten Wassers mit der in dieser Zeit den Pflanzen durch den Regen zugeführten, so sehen wir, daß letztere den Bedarf der Pflanze lange nicht deckt.

§. 80.

Hieraus geht hervor, daß den Pflanzen noch andere Quellen zu Gebote stehen müssen. Welche sind diese?

1. Wir dürfen nicht allein das Wasser in's Auge fassen, welches während der Vegetation der Pflanzen fällt, sondern das des ganzen Jahres, da wenigstens ein Theil der Niederschläge, welche zu der Zeit, wo der Boden nicht mit Pflanzen bestellt ist, oder wo die Vegetation ruht, auch für die Pflanze nutzbar ist; denn der Boden sättigt sich während des Winters mit Wasser, was

im Frühjahr den Pflanzen zu Gute kommt. Ferner steigt auch ein Theil des Wassers, welches in die tieferen Schichten des Bodens gedrungen ist, vermöge der Capillar-Wirkung während der trockenen Jahreszeit in die Höhe und kann so von den Pflanzen gebraucht werden.

2. Die Pflanzen sind bei ihrer Wasseraufnahme nicht nur auf den Boden angewiesen, sondern sie können auch, wie wir § 74 gesehen haben, durch die Blätter Thau ꝛc. absorbiren.

3. Der Boden besitzt die Eigenschaft, Wassergas zu absorbiren; da nun in der atmosphärischen Luft stets dunstförmiges Wasser enthalten ist, so wird dem Boden durch diese Eigenschaft auch stets Wasser zugeführt.

Was die Menge des Wassers, welches der Boden durch sein Condensations-Vermögen erhält, anbetrifft, so führe ich hier, um diese so wichtige Eigenschaft desselben etwas näher zu illustriren, folgende Zahlen an:

Nach Schübler nehmen 100 Gewichtstheile der folgenden Erden aus einer bei 15—18° C. gesättigten Atmosphäre die folgenden Gewichtsmengen Wasser auf:

	In 12 —	24 —	48 —	72 Stunden:
Quarzsand	0	0	0	0
Kalksand	0,3	0,3	0,3	0,3
Magerer Thon	2,1	2,6	2,8	2,8
Fetter Thon	2,5	3,0	3,4	3,5
Thonboden	3,0	3,6	4,0	4,1
Reiner Thon	3,7	4,1	4,8	4,9
Humus	8,0	9,5	11,0	12,0
Gartenerde	3,5	4,5	5,0	5,2
Ackererde von Hoffwyl	1,6	2,3	2,3	2,3
„ „ Jura	1,4	1,9	2,0	2,0

Trommer hat die Menge von Wasser, welche von vorher bei 100° C. getrockneten Erden in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre aufgenommen wird, wie folgt, gefunden:

	In 12 —	24 —	48 —	72 Stunden:
Strenger Thonboden (Weizenboden)	3,5	4,0	4,4	5,5
Ein anderer Weizenboden	3,0	4,1	4,8	5,0
Humussäuren	7,5	9,0	10,8	12,8
Weißer Thon	4,0	4,6	5,0	5,5

Die neueste Arbeit über das Condensations-Vermögen der Ackererden verdanken wir Knop, welcher bei seinen Versuchen die betreffenden Erden nicht in einer mit Wasser gesättigten Atmosphäre brachte, sondern dieselben der atmosphärischen Luft aussetzte, in der sie sich, in Kästen von Weißblech befindlich, freihängend befanden;

hierbei wurde die Temperatur und der Wassergehalt der Luft mit bestimmt.

Knop folgert aus seinen Versuchen:

1. Das Condensations-Vermögen der Ackererden ist verschieden und macht einen wohl zu beachtenden Factor der Fruchtbarkeit aus.

2. Die Wassermengen, welche bei verschiedener Temperatur condensirt werden, sind unabhängig von dem Sättigungsgrade der Luft mit Wasserdampf, der sog. relativen Feuchtigkeit, überhaupt von der psychrometrischen Differenz.

3. Die condensirte Wassermenge hängt nur von dem der Substanz eigenthümlichen Condensations-Vermögen und den Quadraten der Temperatur-Abnahme ab.

4. Durch die Condensation des Wasserdampfs wird dem Boden eine viel größere Menge von Wasser, sowie Kohlensäure, Ammoniac und Salpetersäure zugeführt, als durch den Regen.

Von den Versuchen Knop's führe ich hier folgende an:

	Temperatur nach Réaumur.	Condensirte Wassermenge von 1 Million Kilogrm.
Ackererde von Möckern	20 °	51,1
	18 °	48,0
	15 °	50,0
	10 °	52,2
dito, nachdem Kies und grober Sand abgesiebt	23 °	66,38
	20 °	64,72
	19 °	67,30
	16 °	68,17
	16 °	69,43
	15 °	64,19
	14 °	67,06
	14 °	67,71
Russische Schwarzerde	23 °	136,2
	20 °	134,4
	19 °	139,6
	16 °	138,9
	16 °	129,0
	15 °	128,0
	14 °	127,0
	14 °	123,0

Interessant ist das bedeutende Condensations-Vermögen der wegen ihrer Fruchtbarkeit berühmten russ. Schwarzerde gegenüber der Erde von Möckern.

Ich muß schließlich noch bemerken, daß Knop die Erden, nachdem sie bei 80° R. getrocknet waren, zu den Versuchen anwandte, was ich nicht für ganz richtig halten kann, da durch das Trocknen die physikalischen Eigenschaften der einzelnen Bestandtheile etwas modificirt werden, und zwar dahin, daß das Vermögen Wasser aufzunehmen verringert, wenigstens erschwert wird.

Kurze Wiederholung.

§. 81.

A. Eigenschaften des Wassers.

1. Das Wasser besteht aus Wasserstoff und Sauerstoff, vermag sich mit Basen und Säuren (Hydrate) und Salzen chemisch zu verbinden und kann durch viele Körper zerlegt werden.

2. Das Wasser verdampft bei jedem Temperaturgrade; die Schnelligkeit der Verdampfung hängt bei gleicher Wassermenge und gleicher Temperatur von der Bewegung der Luft über der betreffenden Wasserfläche und von der Größe der Oberfläche derselben ab.

3. Das Wasser ist ein Auflösungsmittel für viele feste, flüssige und gasförmige Körper.

4. Das Wasser dehnt sich beim Gefrieren aus.

5. Das Eis (Schnee) ist ein schlechter Wärmeleiter.

6. Das Wasser gebraucht von allen festen und flüssigen Körpern die größte Menge von Wärme, um von einem Temperaturgrade auf einen andern erwärmt zu werden.

B. Vorkommen des Wassers.

1. Das Wasser ist der verbreitetste Körper der Erde.

2. Das in der Natur vorkommende Wasser ist nicht chemisch reines Wasser, sondern es enthält theils gelöste, theils suspendirte Stoffe.

3. Im Meerwasser beträgt die Menge der festen Bestandtheile 1,4—3,8%: der vorwiegendste Bestandtheil ist das Kochsalz, dem der Menge nach Chlormagnesium, Gyps, schwefelsaures Kali, schwefelsaure Magnesia u. s. w. folgen.

4. Das Fluß=, Quell= und Brunnenwasser zeichnet sich vor allem durch seinen Gehalt an Kalksalzen (kohlensaurem und schwefel=

saurem Kalk) aus, an welche sich in Betreff der Menge Natron, Kali- und Magnesiasalze anschließen.

5. Bei der Verdunstung des Wassers wird flüssiges Wasser und mit diesem die darin gelöst und suspendirt enthaltenen Stoffe in die Atmosphäre gerissen; deshalb kommen die in den Gewässern vorkommenden Stoffe auch den Landpflanzen zu Gute.

6. Aus dem unter 5 angeführten Grunde finden wir in den meteorischen Wässern all die Stoffe, welche durch die Winde vom Meer, den Flüssen u. s. w. emporgerissen und fortgeführt werden; außerdem Ammoniac und salpetersaure Salze.

C. Bedeutung des Wassers für die Pflanzenwelt.

1. Das Wasser ist für die Pflanzen von ganz außerordentlicher Wichtigkeit, ohne dasselbe ist kein vegetabilisches Leben denkbar.

2. Die in den Pflanzen enthaltene Wassermenge ist eine sehr bedeutende; bei allen in voller Entwickelung stehenden Pflanzen kommen auf einen Theil Trockensubstanz 4—9 Theile Wasser.

D. Aufnahme des Wassers durch die Pflanze.

Das Wasser wird von der Pflanze sowohl durch die Wurzel, als auch durch die Blätter aufgenommen; das Hauptorgan der Aufnahme sind aber die Wurzeln; die Form, in welcher die Blätter das Wasser aufnehmen, ist noch nicht entschieden.

E. Die Verdunstung des Wassers (Transpiration) durch die Pflanzen.

1. Alle Pflanzen hauchen von der Oberfläche der Blätter Wasser aus.

2. Das Ausdünstung-Vermögen der Pflanzen ist ein verschiedenes und zwar vor Allem von der Organisation des Blattes abhängig.

3. Die Organe der Ausdünstung sind die Spaltöffnungen der Blätter.

4. Die von der Pflanze transpirirte Wassermenge ist eine sehr bedeutende.

5. Bei derselben Pflanze hängt die Transpiration ab:
   a. Von der Luftfeuchtigkeit.
   b. Von der Temperatur.
   c. Von der Feuchtigkeit des Bodens.

d. Von der Leichtigkeit, mit welcher sich die Pflanze des Wassers bemächtigen kann. — Physikalische und chemische Beschaffenheit des Bodens.

6. Die Verdunstung von einer gleich großen Wasserfläche übersteigt unter allen Umständen die Transpiration der Pflanzen.

7. Unter gleichen Verhältnissen wächst und fällt die Transpiration der Blattoberfläche nicht in demselben Maaße, als die Verdunstung der Wasserfläche zu- und abnimmt.

8. Die Gründe für die geringere Verdunstung durch die Blätter sind die größere Vertheilung des Wassers in der verdunstenden Oberfläche und das Hinderniß, welches die Organisation des Blattes, in's Besondere die Epidermis, der raschen Verdunstung fortwährend entgegensetzt.

9. Im Mittel verhält sich unter sonst gleichen Verhältnissen die Verdunstung von der Blattoberfläche zu der von der Wasseroberfläche wie 1 : 3.

10. Die Transpiration der Pflanzen geht nicht in gleichmäßiger Folge vor sich, sondern steigt und fällt trotz aller hemmenden und begünstigenden Nebeneinflüssen in den verschiedenen Stunden des Tages, so daß innerhalb 24 Stunden stets ein Maximnm und ein Minimum eintritt; dasselbe gilt von den Monaten.

11. Das Maximum fällt auf die Zeit von 12—2 Uhr; der Eintritt des Minimums erfolgt zur Nachtzeit. — Im Herbst und Frühling ist das Maximum wahrscheinlich früher als im Sommer.

12. Die Zunahme der Transpiration erfolgt, soweit aus den bisherigen Erfahrungen geschlossen werden kann, wahrscheinlich allmähligerer als die Abnahme.

13. Auch während der Nacht findet selbst unter den ungünstigsten Verhältnissen stets eine geringe Verdunstung statt. Dieselbe ist aber im Verhältniß zu der während des Tages nur eine sehr geringe.

F. Das durch die meteorischen Niederschläge zur Ackererde geführte Wasser deckt den Wasserbedarf der Pflanzen nicht.

1. Das während der Vegetation der betreffenden Pflanzen zur Erde gelangende Wasser reicht für den Wasserbedarf der Pflanze lange nicht hin.

2. Auch das während eines Jahres durch die meteorischen Niederschläge zum Boden kommende Wasser genügt dem Wasserbe-

dürfnisse der Pflanzen nicht, wenn auch alles dieses Wasser den Pflanzen zu Gebote stände; letzteres ist aber durchaus nicht der Fall, denn

a. geht ein nicht unbedeutender Theil dieses Wassers durch Durchsickern in den Untergrund, resp. Abführung durch die Drains, verloren.

b. wird dieses Wasser durch Ablaufen desselben von der Oberfläche und

c. durch Verdunstung von der Ackerkrume verringert.

Hieraus folgt, daß von dem durch die meteorischen Niederschläge zur Ackererde geführten Wasser für die Pflanze höchstens die Hälfte disponibel bleibt.

3. Die Pflanze erhält den andern Theil des ihr nothwendigen Wassers

a. dadurch, daß sie die Eigenschaft besitzt, durch die Blätter Wasser aufnehmen, und

b. durch die Eigenschaft des Bodens, Wassergas in beträchtlicher Menge absorbiren zu können.

Zweite Abtheilung.

Die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen.

Erster Abschnitt.

Die Pflanzen und ihre Aschenbestandtheile.

Kapitel I.

Die Aschenbestandtheile der Pflanzen.

§. 81.

1. Geschichtliches.

Es ist jetzt bis zur vollkommensten Evidenz nachgewiesen, daß die Pflanze der unorganischen Nahrungsmittel zum Aufbau ihres Organismus bedarf, daß ohne Mitwirkung derselben der vegetabilische Lebens-Proceß überhaupt nicht vor sich gehen kann. Ich werde hier die geschichtliche Entwickelung der Frage über die Nothwendigkeit oder Entbehrlichkeit der unorganischen Nährstoffe nicht betrachten, da dies längere Zeit in Anspruch nehmen würde und dabei heute keinen andern als einen geschichtlichen Werth hat. Ich bemerke hier nur, daß die Arbeiten von Saussure, Wiegmann und Polstorff, des Fürsten von Salm-Horstmar und Anderer die Nothwendigkeit derselben unwiderleglich dargethan haben.

Wie die angeführten Namen zeigen, ist somit diese so wichtige Frage noch nicht vor zu langer Zeit entschieden worden. Noch im Jahre 1800 konnte von der Berliner Akademie der Wissenschaft die Preisfrage gestellt werden: „Von welcher Art sind die erdigen Bestandtheile, welche man mit Hülfe der chemischen Zergliederung in den verschiedenen inländischen Getreidearten findet? Treten diese in solche so ein, wie man sie findet, oder werden sie durch die

Wirkung der Organe der Vegetation erzeugt?“ Diese Fragen wurden von Schrader dahin beantwortet, daß die Pflanzen die in ihnen enthaltenen Aschenbestandtheile durch den Lebens-Proceß erzeugen. Im Jahre 1802 sagte auch noch Saussure: „Es ist bis jetzt unbekannt, ob die Bestandtheile mehrerer Pflanzen bloß zufällig und von der Natur des Bodens, auf dem sie wachsen, abhängig sind, oder ob man sie als ein wahres Product der Vegetabilien von allen Local-Verhältnissen unabhängig betrachten muß.“ Aber schon im Jahre 1804 bezeichnete Saussure, nachdem er zahlreiche Untersuchungen angestellt hatte, die Aschenbestandtheile für das Pflanzenwachsthum als durchaus nothwendig. An diese Untersuchungen Saussure's, welcher die seinigen ebenfalls weiter fortsetzte, schlossen sich dann eine große Anzahl von theils Aschen-Analysen, theils anderen Untersuchungen über die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen, welche durch die schönen Arbeiten von Wiegmann und Polstorff (1840) zum vollständigen Abschluß gebracht wurden. Diese Arbeiten stellten die Unentbehrlichkeit der unorganischen Bestandtheile für die Pflanzen als zweifellos hin und thaten dar, daß alle in den Pflanzen gefundenen Körper nur aus Stoffen gebildet werden, welche die Pflanze entweder aus der Luft oder aus dem Boden aufgenommen hat.

2. Aschenmenge der landwirthschaftlich wichtigen Theile der Hauptfamilien unserer Culturpflanzen.

Die Menge von Aschenbestandtheilen, welche in den einzelnen Pflanzen und deren Theilen enthalten ist, liefert uns gleich einen Beweis für die Nothwendigkeit derselben für das Pflanzenleben.

Im Durchschnitt finden wir nämlich

bei den Cerealien	in den Körnern	2,5 %	und im Stroh	6,4 % Asche,
″ ″ Leguminosen	″ ″ ″	3 ″	″ ″ ″ ″	6 ″ ″
″ ″ Oelfrüchten	″ ″ ″	4 ″	″ ″ ″ ″	4,3 ″ ″
″ ″ Wurzelgewächs.	in d. Wurzeln	6,8 ″	u. in d. Blättern	16,4 ″ ″
″ ″ Knollengewächs.	″ ″ Knollen	4,2 ″	″ ″ ″ ″ ″	13,1 ″ ″

Wären die Aschenbestandtheile für die Pflanze gleichgültig, so könnten wir in bestimmten Familien nicht, wie die oben angeführten Zahlen darthun, bestimmte Menge derselben antreffen, aber noch viel weniger könnten dann die einzelnen Pflanzentheile bestimmte Mengen enthalten.

3. Die Bestandtheile der Asche der Pflanzen.

Nachdem wir jetzt die Aschenmenge der wichtigsten Culturpflanzen kennen gelernt haben, ist zunächst weiter zu untersuchen, aus was für Körpern dieselbe besteht. Durch die Nennung der Mineralstoffe, welche die Asche der Pflanzen zusammensetzt, erfahren wir zugleich im Allgemeinen diejenigen unorganischen Stoffe, welche die Pflanze zu ihrer Ernährung bedarf.

Die Analysen der Pflanzenaschen ergaben folgende Stoffe:

Basen:	Säuren:
Kali,	Phosphorsäure,
Natron,	Schwefelsäure,
(Lithion),	Kieselsäure,
(Rubidiumoxyd),	Kohlensäure,
Kalkerde,	Chlor,
Magnesia,	(Brom
(Thonerde),	Jod)
die Oxyde des Eisens,	(Fluor?).
„ „ „ Mangans,	
(Kupferoxyd).	

4. Die für die Pflanzen nothwendigen Mineralstoffe.

§. 82.

Es fragt sich nun, ob diese bis jetzt in den Aschen gefundenen Stoffe der Pflanze durchaus nothwendig sind, oder ob der eine und der andere nur als zufälliger Bestandtheil anzusehen ist und sich somit die nothwendigen Aschenbestandtheile auf eine geringere Zahl reduciren.

Zur Beantwortung dieser Frage sind zwei Wege eingeschlagen worden. Als Hauptvertreter des einen und zwar des zuerst betretenen, ist der Fürst zu Salm-Horstmar zu nennen, von welchem auch in dieser Richtung die genauesten und ausführlichsten Versuche gemacht worden sind.

a. Die Versuche von Salm-Horstmar und deren Resultate.

Salm-Horstmar versuchte diese Frage in folgender Weise zu lösen: Er präparirte sich ein von unorganischen, aufnehmbaren Aschenbestandtheilen durchaus freies Medium; dasselbe bestand bei einigen Versuchen aus

Zuckerkohle, bei anderen aus Sand, grobem Pulver von Quarz, Bergkrystall und künstlicher Kieselsäure.

Zu diesem Boden brachte er nun entweder keine Aschenbestandtheile, sondern nur Stickstoffverbindungen (in Form von salpetersaurem Ammoniac), oder er gab nur die Aschenbestandtheile, oder er setzte das salpetersaure Ammoniac hinzu und mit diesem die Aschenbestandtheile in der Art, daß einer oder mehrere der letzteren fehlten, um so die Wirkung der einzelnen Stoffe genau studiren zu können.

Aus diesen zahlreich angestellten Versuchen folgert Salm-Horstmar:

1. Ohne unorganische und ohne stickstoffhaltige Zusätze wächst der Hafer (mit dem Salm-Horstmar die meisten Versuche angestellt) zwar, bleibt aber sehr schmächtig, klein und bildet 2 Blüthen und 1 Frucht.

2. Mit den stickstoffhaltigen Zusätzen wird die Pflanze in dem Sande länger, erlangt eine Blüthe und eine Frucht, der Halm verliert aber die Kraft sich selbst zu tragen; im Ganzen fast ohne Halm und ohne Blüthe.

3. Ohne die stickstoffhaltigen Zusätze aber mit Kali, Kalkerde, Magnesia, oxydirtem Eisen, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Kieselsäure bleibt die Pflanze klein und schmächtig; die Fruchtbildung ist ganz verhindert; Neigung zur zweiten Halmbildung; das Ende der Vegetation ist also nicht normal.

4. Die unter 3. angeführten mineralischen Zusätze mit stickstoffhaltigen vereinigt, bringen eine kräftige Pflanze mit stark vermehrter Blüthenbildung hervor; normale Fruchtbildung mit normaler Beendigung der Vegetation findet aber nicht statt; Nebensprossen.

5. Fehlt aber einer jener unorganischen Zusätze, während die stickstoffhaltigen bleiben, so wird die Entwickelung der Organe ganz oder theilweise gestört, oder ihre Erscheinung ist abnormal und zwar:

a. Ohne Kalkerde stirbt die Pflanze im 2. Blatte ab; keine Halmbildung.

b. Ohne Magnesia ist der Halm niederliegend, schmächtig, die Farbe abnorm, Blüthenbildung sehr verändert und nur eine krüppelhafte Blüthe ohne Frucht.

c. Ohne Kali ist der Halm sehr kurz, höchst schmächtig, niederliegend, Farbe abnorm, Frucht mangelhaft.

d. Ohne Kieselsäure und ohne Kali. Der Halm 3″ lang, die Farbe abnorm, die Blätter früh absterbend; ohne Blüthe.

e. Ohne Phosphorsäure: Halmbildung schmächtig, niederliegend, Farbe blaß, eine vollständige Blüthe, keine Frucht, 1 Nebensprosse.

f. Ohne Schwefelsäure, keine Halmbildung, die Pflanze im 3. Blatt absterbend, nachdem noch ein Versuch mit erneueter Halmbildung mit gleichem Mißlingen gemacht ist.

g. Ohne Eisen fehlt der Pflanze die grüne Farbe mehr oder minder; die Blüthenbildung hört auf, oder ist sehr verändert. Bei einem Versuche in Zuckerkohle brachte die Pflanze ohne Eisen weder Halm noch Blüthen und nur fast weiße Blätter hervor.

h. Was das Mangan anbetrifft, so scheint dasselbe wenigstens nach diesen Versuchen vor der Blüthenbildung nicht nothwendig zu sein, wenn nicht zu viel Eisen im Boden ist; zu viel Eisen macht nämlich die Halmbildung abnorm, die Blätter bekommen braune vertrocknete Stellen (Eisenflecke), die Blüthenbildung ist deprimirt, die Fruchtbildung hört auf; die Menge von Eisen, welche die Pflanze gebraucht, ist eine sehr geringe.

i. In Betreff des Chlors haben diese Versuche nichts entscheidendes ergeben.

k. Diese 7 unorganischen Stoffe scheinen aber zur Fruchtbildung nicht auszureichen; Natron scheint durch Kali nicht ersetzt werden zu können.

Bei diesen Versuchen war über die Bedeutung des Natrons nichts entschieden. Eine neue Versuchsreihe, welche Salm-Horstmar anstellte, ergab nun, daß das Natron zur Fruchtbildung des Hafers unentbehrlich sei.

In Betreff des Mangans und Chlors geben auch diese Versuche noch keine bestimmte Antwort.

Weitere Versuche in derselben Weise stellte Salm-Horstmar mit Raps, Winterweizen, Sommergerste u. s. w. an. Diese lieferten im Allgemeinen ähnliche Resultate, von denen ich hier nur folgende anführe. Der Raps kann ebenfalls ohne Kali, Natron, Kalkerde, Magnesia, Eisen, Phosphorsäure und Schwefelsäure nicht normal gedeihen. Beim Weizen scheint ferner das Natron sowohl zur Entwickelung der Blüthe als zu der der Frucht nothwendig zu sein; dagegen scheint die Gerste auch ohne Natron stets ihr Wachsthum zu fördern, doch weder zur Entwickelung der Blüthe noch der Frucht dasselbe entbehren zu können. Was das Eisen anbetrifft, so scheint sowohl beim Weizen als beim Hafer ein zu großer Gehalt desselben im Boden der Halmbildung nachtheilig zu sein.

Für die Gerste haben diese Versuche in Betreff des Chlors und Fluors ergeben, daß dieselbe weder das eine noch das andere nöthig hat, daß aber Chlornatrium die Zahl der Blüthen und Früchte vermehrt, wenn zugleich eine andere Natronverbindung zugegen ist; Fluorcalcium dagegen äußert auf Gerste ohne Anwesen-

heit von Chlornatrium einen schädlichen Einfluß, ist dieses zugegen, so aber nicht.

Weitere Versuche mit Gerste ergaben jedoch, daß zu dessen Fruchtbildung Fluorkalium und Lithion nothwendig ist.

Aus diesen Versuchen geht somit hervor, daß die Pflanze von den Mineralstoffen Kali, Natron, Kalkerde, Magnesia, Eisen, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Kieselsäure nothwendig hat; für die Bedeutung des Mangans und Chlors haben dieselben nichts Entscheidendes ergeben.

b. Die Versuche über das Wachsthum der Pflanzen in wässerigen Lösungen.

§. 84.

α. Geschichtliches.

Der andere Weg, welcher zur Beantwortung der Frage über die Bedeutung der Mineralstoffe für die Pflanze eingeschlagen wurde, war folgender:

Man ließ Landpflanzen in wässerigen Lösungen, die die betreffenden Nährstoffe der Pflanzen enthielten, wachsen, wobei die Entwickelung derselben und die Wirkung der einzelnen Nährstoffe schön beobachtet werden konnte. Der erste, welcher diesen Weg vorschlug und betrat, war J. Sachs, dem bald Knop, Stohmann, Rautenberg, Kühn, Nobbe, Siegert und Lucanus folgten.

Zwischen Sachs und Knop entstand dann bald, von letzterem angeregt, ein Prioritätsstreit, welcher aber zu Gunsten von Sachs, damals in Tharand, entschieden werden muß: Sachs veröffentlichte das erste über diesen Gegenstand im Jahre 1857 und dann Sachs und Knop Weiteres im Jahre 1859, nachdem Stöckhardt in Tharand am 30. August 1858 der Versammlung der deutschen Land- und Forstwirthe in Braunschweig eine Reihe von in Wasser gezogenen Pflanzen vorgezeigt hatte. Mag Knop die Idee u. s. w. auch früher gehabt haben, derjenige, welcher aber öffentlich damit zuerst hervortrat, war Sachs.

Bemerkt muß hier noch werden, daß Versuche über Erziehung von Landpflanzen in wässerigen Lösungen schon seit lange gemacht und bekannt sind, so daß hierbei gar kein Prioritätsstreit entstehen kann. Schon Du Hamel stellte in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts derartige Versuche an, von denen vor allem der mit der Eiche zu nennen ist, welche 8 Jahre in Wasser vegetirte, einen Stamm von 19—20‴ Umfang, mehr als 18″ Höhe und 4–5 Zweige hatte, bei welcher ferner Holz und Rinde normal waren und alle Jahre neue Blätter erschienen.

In neuerer Zeit machten de Saussure, Herth, Knop und Schloßberger Versuche über das Wachsen von Pflanzen in wässrigen Lösungen.

De Saussure brachte unter andern Wurzeln von Mentha piperita in destillirtes Wasser und ließ die Pflanzen darin wachsen, um hierdurch die Unentbehrlichkeit der unorganischen Stoffe bis zu einem gewissen Grade nachzuweisen. Herth operirte mit 2 Wasserpflanzen, Veronica Beccabunga und Annagallis, denen er schwefelsaures Kali und Chlorkalium, von jedem Salze 0,04 Grm. bot und nach 6–7 Tagen beobachtete, daß die rückständige Flüssigkeit concentrirter geworden war, wobei das schwefelsaure Kali von beiden Pflanzen in gleichen Mengen, vom Chlorkalium dagegen von Veronica Beccabunga mehr aufgenommen war.

W. Knop machte im Jahre 1851 im Verein mit seinem Bruder A. Knop Versuche über die Abhängigkeit der Pflanzen von der Atmosphäre, bei welchen bei Bestimmungen der in den Pflanzen befindlichen Luft und der Veränderung, welche Pflanzen in bestimmten Luftgemischen hervorbringen, sich die Pflanzen in Wasser befanden.

Dann veröffentlichte Schloßberger 1852 Versuche über das Wachsen von Polygonum Fagopyrum und tataricum in wässerigen Lösungen von schwefelsaurem Kali und Chlorkalium, welche angestellt waren, um das Vermögen der Pflanzen, Salze aufzunehmen, zu prüfen. Die Pflanzen hatten hierbei nicht so viel Salze aufgenommen, als in dem absorbirten Wasser enthalten waren.

Somit ist die Idee, Pflanzen in wässerigen Lösungen wachsen zu lassen, schon eine alte, die Benutzung von wässerigen Lösungen aber zur normalen Erziehung von Landpflanzen von der ersten Entwickelung des Samens bis zur Fruchtbildung und die Anwendung dieser Methode zur Erkenntniß der Nothwendigkeit und Wichtigkeit der einzelnen Nährstoffe für das Pflanzenleben gehört der neuesten Zeit an und muß Sachs, wie schon erwähnt, als der erste genannt werden, welcher dieselbe zu diesem Zwecke anwandte. Knop hat dagegen das Verdienst, die Methode bedeutend weiter gefördert und vor allem über den zweiten Theil der gestellten Frage, die Wichtigkeit der einzelnen Nährstoffe betreffend, die bedeutendsten Resultate erlangt zu haben.

Die erste Schwierigkeit, welche bei der Erziehung von Landpflanzen in wässerigen Lösungen auftrat, war die, die Pflanzen zur normalen Entwickelung zu bringen. Zuerst schien es, als wenn dies nicht gelingen würde, da von den Versuchsanstellern selbst, wie zunächst von Knop, behauptet wurde, daß Landpflanzen in wässrigen Lösungen nicht normal zu erziehen wären, während dagegen Sachs das Gegentheil darlegte. Nachdem jedoch erst die ersten Schwierigkeiten überwunden waren, gelang es auf diese Weise Pflanzen zu erhalten, welche in Betreff des Gewichtes ein Vielfaches des Samens zeigten und die dann auch in ihrer ganzen Entwickelung als normal gewachsen, angesehen werden konnten.

Sachs bediente sich bei seinen Versuchen der Methode der fraxionirten Lösung, d. h. er präparirte mehrere Lösungen (5), aus verschiedenen Salzen bestehend, in denen die Pflanzen abwechselnd erzogen wurden. Knop dagegen wandte sowohl diese und dann später auch die folgende an, bei welcher er von den einzelnen erforderlichen Salzen titrirte Lösungen machte und von diesen die dem Versuche angemessenen Mengen alle Tage oder von 3 zu 3, von 5 zu 5, oder von 8 zu 8 Tagen den Gefäßen, in welchen sich die

Pflanzen befanden und in welchen 1—2 Grm. kohlensaurer Kalk, 0,5 Grm. kohlensaure Magnesia und phosphorsaures Eisenoxyd aufgeschlemmt befindlich waren, zusetzte.

β. Die Versuche von Sachs.

Sachs gab bei seinen Versuchen, mit Ausnahme einer Versuchsreihe, den Pflanzen alle die Stoffe, welche in denselben gefunden sind, so daß bei diesen die Frage, ob alle diese Stoffe nothwendig sind, nicht entschieden werden konnte. Sachs suchte durch seine Versuche zunächst zu constatiren, daß die Landpflanzen in wässrigen Lösungen normal zu erziehen sind.

Bei der einen Versuchsreihe dagegen suchte er zu ermitteln, ob die Kieselsäure ein Nährstoff für die kieselsäurehaltigen Pflanzen sei oder nicht.

Durch seine zu diesem Zwecke angestellten Versuche kommt Sachs nun zu dem Resultate, daß die Kieselsäure wahrscheinlich kein Nährstoff im eigentlichen Sinne des Wortes sei.

Er fand nämlich bei den von ihm mit Mais angestellten Versuchen, bei welchen demselben in den wässerigen Lösungen keine Kieselsäure gegeben war, in den Pflanzen nur 0,7 %, welche von den Glasgefäßen, in denen die Versuche angestellt waren, stammte, während dagegen im freien Lande gezogene Pflanzen 18—23 % derselben enthielten. Die Vegetation der Maispflanzen war ohne Störung vor sich gegangen, der Stamm stand völlig aufrecht, der Kolben hatte 42 reife Körner und die ganze Pflanze wog 200 Grm.

γ. Die Versuche von Knop, Stohmann, Rautenberg, Kühn, Nobbe, Siegert und Lucanus.

Knop ging bei seinen Versuchen weiter; er versuchte, nachdem er constatirt hatte, daß Landpflanzen in wässerigen Lösungen normal zu ziehen sind, zu bestimmen, ob alle die in den Pflanzen sich vorfindenden Stoffe für dieselbe wesentlich sind oder nicht und kommt durch seine Versuche, welche mit verschiedenen Pflanzen (Mais, Gerste, Hafer, Kresse, Hanf) angestellt sind, zu dem Resultate, daß die Pflanze zu ihrer vollständigen Entwickelung nur der folgenden Stoffe bedarf:

Kali, Kalkerde,	Phosphorsäure, Salpetersäure,	Wasser.
Magnesia, Eisenoxyd,	Schwefelsäure, Kohlensäure,	

Daß Knop das Ammoniac nicht als nothwendigen Nährstoff ansieht, haben wir schon beim Stickstoff § 43 besprochen und verweisen deshalb in Betreff dieser Frage auf das daselbst angeführte.

Was ferner die Ansicht Knop's anbetrifft, daß die Kieselsäure für die Pflanze kein Nährstoff sei, so ist dies, wie schon oben erwähnt, auch von Sachs ausgesprochen worden, jedoch durch die Versuche von Stohmann, Rautenberg und Kühn nicht bestätigt worden.

Stohmann fand bei seinen Versuchen, bei welchen den Pflanzen in den Lösungen keine Kieselsäure geboten worden war, trotzdem in den Aschen

bei Versuch	II.	8,72 %,	
" "	III.	13,88	"
" "	V.	10,91	"
" "	VI.	7,30	"
" "	VII.	10,37	"

ferner bei zwei Versuchen, bei denen die Pflanzen in den Lösungen kieselsaures Kali hatten

bei Versuch	IV.	12,16 %	
und " "	VIII.	14,81	"

Daß die Pflanzen, trotzdem ihnen in den Lösungen keine Kieselsäure gegeben worden, dieselbe enthalten, kann nicht Wunder nehmen, da Wasser aus Glas Kieselsäure aufzulösen vermag, wie dies schon seit längerer Zeit bekannt. Pelouze hat z. B. gezeigt, daß wenn fein gepulvertes Glas einige Minuten mit kaltem Wasser geschüttelt wird, 2—3 % des Gewichts gelöst werden.

Rautenberg und Kühn betrachten nach ihren mit Mais und Bohnen angestellten Versuchen, die Kieselsäure ebenfalls als nothwendigen Nährstoff.

Der Ausschließung des Natrons als Nährstoff der Pflanze, wie dies von Knop geschieht, tritt Stohmann ebenfalls nicht bei, da er das Natron für einen den Pflanzen nothwendigen Nährstoff hält.

Was schließlich das Chlor anbetrifft, welches nach Knop ebenfalls entbehrlich ist, so geben Stohmann's Versuche darüber nichts entscheidendes, während dagegen die von Nobbe und Siegert mit Buchweizen darthun, daß dasselbe für diese Pflanze ein specifischer Nährstoff ist, insofern dieses Element Functionen vertritt, ohne welche die genannte Pflanze den Fruchtbildungs-Proceß nicht zu vollführen vermag.

Nobbe wiederholte diese Versuche über die Bedeutung des Chlors für den pflanzlichen Organismus im Jahre 1865 nochmals, nachdem dieselbe bereits 2 Jahre mit identischen Resultaten experimentell erörtert war und kam hierdurch zu dem Resultate, daß in der Pflanze, deren Zellsaft des Chlors ermangelt, eine Degeneration des Zellgewebes eintritt, welche ihren

Culminationspunkt zur Zeit der Blüthenbildung erreicht und nicht nur die Ernährung und Ausbildung der Fruchtanlagen hindert, sondern die ganze Pflanze einem vorzeitigen Lebensabschluß entgegenführt.

Nobbe resumirte die gewonnenen Resultate, wie folgt:

„Nach diesen Versuchen ist somit durch 3jährige Versuche dargethan, daß das Chlor, als wesentlich betheiligt an den organisatorischen Processen in dem Buchweizen für diese und mit großer Wahrscheinlichkeit auch für die übrigen Culturgewächse, wenn auch vielleicht in anderen Verbindungsformen und Mengen (beim Buchweizen erwies sich die Form des Chlorkaliums und vielleicht auch die des Chlorcalciums als die passendste) ein nothwendiger Factor des vegetativen Lebens und somit den pflanzlichen Nährstoffen beizuzählen ist."

Dieselben Resultate in Betreff des Chlors haben auch die von Leydhecker im Verein mit v. Gohren angestellten Versuche ergeben. Auch die Versuche von Lucanus mit Hafer, Klee, Wicken, Erbsen scheinen dasselbe Resultat zu bestätigen, da bei Rothklee durch Zusatz von Chlorkalium (das auch hier die eigentliche Form ist) die gebildete Pflanzenmasse außerordentlich vermehrt wurde, während dagegen die Wicken und Erbsenpflanzen, denen Chlor in der Lösung fehlte, beim Beginn der Blüthe kränkelten und abstarben. Nobbe erhielt andererseits in chlorkaliumhaltigen Nährstofflösungen 3 Jahre hindurch normal und gut ausgebildete Samen von Wicken.

Lucanus prüfte ferner noch, ob das Kali durch Natron, Cäsiumoxyd, Rubidion oder Lithion vertreten werden könnte, wobei sich bei seinen Versuchen mit Hafer, Klee und auch Wicken ergab, daß dies der Fall nicht sei.

δ. Die Resultate dieser Versuche.

Ueberblicken wir jetzt die sämmtlichen über die angeregte Frage angestellten Versuche, so geht aus denselben hervor, daß wir die nachfolgenden Körper als die für die Ernährung der Pflanzen nothwendigen unorganischen Nährstoffe anzusehen haben:

Kali,	Phosphorsäure,
Natron,	Schwefelsäure,
Kalkerde,	Kieselsäure,
Magnesia,	Chlor.
Eisenoxyd,	

§. 85.

5. Die anderen in den Pflanzen gefundenen unorganischen Stoffe.

Ueber die von Salm-Horstmar noch weiter für nothwendig gehaltenen Stoffe: Mangan, Fluor und Lithion, von denen die beiden letzteren in dem im Boden ganz allgemein vorkommenden Lithionglimmer enthalten sind, liegen weiter noch keine Arbeiten vor.

Das von Bunsen und Kirchhoff neu entdeckte Rubidium ist von Grandeau in den Runkelrüben, im Taback, Kaffee, Thee und im Weinstein gefunden worden, also in an Kali reichen Pflanzen, dagegen konnte Grandeau das Rubidium im Raps, in der Cacaobohne, dem Zuckerrohr und einigen Fucusarten nicht nachweisen. Das Vorkommen des Rubidiums in den Zuckerrüben ist auch von Lefevre bestätigt worden.

Was ferner die Thonerde anbetrifft, so ist dieselbe von einigen Analytikern in einzelnen Culturpflanzen gefunden worden, hieraus ist aber nicht der Schluß zu ziehen, daß sie für die Pflanze nothwendig sei, sondern wir können mit Sicherheit, wenn wir die sämmtlichen Aschenanalysen, welche vorliegen, ins Auge fassen, annehmen, daß die Thonerde für unsere Culturpflanzen entbehrlich und daß sie da, wo sie nachgewiesen worden, nur ein zufälliger Bestandtheil der Aschen gewesen ist. — Sicherlich ist vielfach unreines Material die Ursache, daß dieselbe gefunden worden ist. — Der Ausspruch in Betreff der Thonerde muß aber anders lauten, wenn wir auch die wildwachsenden Pflanzen mit in Betracht ziehen, denn sie ist in einigen derselben in solchen Mengen enthalten, daß man sie in diesen als nothwendigen Bestandtheil hinzustellen hat.

So fand Ritthausen in Lycopodium complanatum 36,25 % Thonerde, während Lycopodium Chamaecyparissus und clavatum keine enthielten; in derselben Pflanze fand Salm-Horstmar 38,5 %; Aderholdt fand dagegen auch in den andern beiden Lycopodium-Arten bedeutende Mengen von Thonerde, so in Lyc. cham. 51,83% und in Lyc. clav. 26,65 %.

Kupferoxyd; dasselbe ist schon vor mehr als 50 Jahren von John, Meißner und Buchholz und von Sarzeau (1824—1832) in mehr als 200 Vegetabilien nachgewiesen worden, was in neuerer Zeit von Langlois (1847), Dechamps (1848),

Dormy (1858), Lambert (1861), Cornaille (1863), Ulex und Wicke (1865) bestätigt ist.

Die Menge des gefundenen Kupferoxydes ist aber nur eine geringe. Wicke fand z. B. bei seinen Untersuchungen 0,012 bis 0,13 %; hieraus folgt, daß wir bis jetzt wohl berechtigt sind, dasselbe nur als zufälligen Bestandtheil der Pflanzen zu betrachten.

Jod und Brom. Beide Körper sind Bestandtheile der Wasserpflanzen, während sie in den Landpflanzen nicht enthalten sind.

---

§. 86.

Kurze Wiederholung.

1. Die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen sind für den Lebens-Proceß derselben durchaus nothwendig.

2. In den Aschen der Pflanzen sind an basischen Körpern gefunden worden: Kali, Natron (Lithion, Rubidiumoxyd), Kalkerde, Magnesia (Thonerde), die Oxyde des Eisens und Mangans (Kupferoxyd), an Säuren: Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure, Kohlensäure, Chlor (Brom, Jod [Fluor?]).

3. Um die von den unter 2 genannten für die Pflanzen nothwendigen Nährstoffe festzustellen, sind 2 Wege eingeschlagen worden und zwar:

a. Man setzte einem indifferenten, festen Medium die Nährstoffe der Pflanze in der Weise zu, daß man einen oder mehrere fehlen ließ und beobachtete dabei die Entwickelung der Pflanzen. Der Hauptvertreter dieser, der älteren Richtung, ist der Fürst zu Salm-Horstmar. Nach diesen Versuchen sind für das Wachsthum der Pflanzen die folgenden unorganischen Stoffe durchaus nothwendig: Kali, Natron, Kalkerde, Magnesia, Eisen, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Kieselsäure. Ueber die Bedeutung des Mangans, Chlors u. s. w. haben diese Versuche nichts entscheidendes ergeben.

b. Der zweite zur Entscheidung dieser Frage eingeschlagene Weg unterscheidet sich von dem ersteren dadurch, daß man als Medium nicht einen festen Körper, sondern Wasser nahm.

Dieser Weg ist von Sachs, Knop, Stohmann, Rautenberg und Kühn, Nobbe und Siegert und Lucanus

betreten und hat bis jetzt zu folgenden Resultaten geführt: Durchaus nothwendig für die Pflanze sind die folgenden unorganischen Körper: Kali, Natron, Kalkerde, Eisenoxyd, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure und Chlor. Ueber die Stelle, welche das Mangan, Lithion und Fluor, sowie Rubidium bei der Ernährung der Pflanzen einnehmen, haben diese Versuche ebenfalls noch nichts entschieden.

4. Für unsere Culturpflanzen sind Thonerde und wahrscheinlich auch Kupferoxyd als zufällige Bestandtheile zu betrachten.

5. Brom und Jod kommen nur in den Seepflanzen vor.

Kapitel II.

Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanzen.

§. 87.

1. Allgemeines.

Die Ueberschrift spricht hier nicht deutlich aus, was der Gegenstand dieses Kapitels sein soll, weshalb noch hervorheben muß, daß hier das „Wie“ der Aufnahme besprochen werden wird, während die Frage über die Verbindungen, in welchen die einzelnen Nährstoffe in die Pflanze eintreten, Gegenstand eines späteren Kapitels sein wird.

Bis vor wenigen Jahren waren alle Physiologen darüber einig, daß die Pflanze ihre Nahrung aus einer Lösung empfange. Darauf wurde im Jahre 1857 von v. Liebig die Behauptung aufgestellt, daß die Pflanzen ihre Nährstoffe ohne Vermittelung des Bodenwassers aus dem Boden aufnehmen. Dieser Ansicht v. Liebig's, welche ich später näher beleuchten werde, kann ich mich nicht vollständig anschließen; ich werde daher zunächst das „Wie“ bei der Aufnahme der Nährstoffe aus einer Lösung zu erklären versuchen.

Die Thatsache, daß in den verschiedenen Pflanzen quantitativ verschiedene Menge der einzelnen Nährstoffe gefunden werden, auch wenn dieselben auf demselben Boden gewachsen sind, ist zunächst von den einzelnen Forschern verschieden erklärt worden. Die Einen schreiben der Pflanze deshalb ein Wahlvermögen zu, während dies von den Andern verneint wird..

2. Die Pflanzen besitzen ein Wahlvermögen.

Was die erste Ansicht, daß die Pflanze das Vermögen besitze, unter den ihr dargebotenen Stoffen wählen zu können, anbetrifft, so läßt sich gegen dieselbe Folgendes einwenden: Wenn die Pflanzen unter den ihr zur Ernährung gebotenen Stoffen wählen könnten, so würden sie sicherlich keine ihrem Organismus feindlichen Stoffe aufnehmen. Trotzdem ist aber durch viele Versuche constatirt, daß die Pflanze giftige Stoffe, sobald sie ihr geboten werden, absorbirt. Diese Thatsache ist durch die Versuche von Trinchinelli, Vogel, Payen, Chevallier, Chatin, Filhol und Andere erwiesen; auch von mir sind hierüber mehrere Versuche angestellt, von denen ich hier einen mit Gerstenpflanzen, denen Chlorbarium in Lösung geboten war, anführen werde.

Vier sog. Hyacinthengläser a., b., c. und d. waren in folgender Weise mit den zum Versuche dienenden Flüssigkeiten gefüllt.

a.	enthielt	420	Ccm.	reines Wasser,			
b.	„	400	„	Wasser, in dem	1	Grm.	Chlorbarium gelöst war,
c.	„	400	„	„ „ „ „	0,5	„	„ „ „
d.	„	450	„	„ „ „ „	2,0	„	„ „ ,

Die Gläser wurden mit einem feinen groblöcherigen Gewebe (Tüll) verbunden und hierauf je 10 gute Gerstensamen (Hordeum distichon) gelegt, welche während des Keimens mit einer Glocke bedeckt waren. Der Versuch dauerte vom 29. Juni bis zum 12. Juli. Bei a. hatten nach 36 bis 48 Stunden sämmtliche Samen die Wurzelkeime und nach 96—104 Stunden die Blattkeime entwickelt. Am 12. Juli, wo der Versuch beendet wurde, waren alle Pflanzen schön grün, alle hatten schon ein 2. Blatt entwickelt und waren sehr kräftig; ebenso war die Wurzelbildung, deren Länge 1—2" eine gute, die Länge der Blätter variirte zwischen $4^3/_8$ und $5^1/_8$ Zoll. b. Auch hier waren die Wurzelkeime nach 48 Stunden bei allen Samen entwickelt, die Blattkeime traten jedoch erst nach 120 Stunden hervor. Bei Beendigung des Versuchs waren alle Blätter stark gelb und mit dunklen Flecken versehen. Die Wurzelbildung sehr schwach. Die Blätter hatten eine Länge von $1—2^1/_4$ Zoll.

c. Die Wurzelkeime auch hier nach 48 Stunden sämmtlich entwickelt, ebenso 8 Blattkeime nach 120 Stunden, die beiden letzten jedoch erst nach 132 Stunden. Am 12. Juli waren alle Blätter bis zur Hälfte gelb. Die Wurzelbildnng schwach, die Länge der Blätter schwankte zwischen $1—2^3/_4$ Zoll.

d. Hier waren die ersten 8 Wurzelkeime auch nach 24 Stunden entwickelt, die der beiden andern jedoch erst nach 96 Stunden. Die Blattkeime erschienen sämmtlich erst nach 6 Tagen. Am 12. Juli waren alle Blätter bis über die Hälfte gelb und mit dunkeln Flecken versehen. Wurzelbildung sehr schwach; die Länge der Blätter betrug bei $6 : {}^3/_4—1^1/_2$" und bei $4 : 2—2^3/_4$".

Jetzt wurden die Pflänzchen von ihrer Unterlage getrennt, sorgfältig

mit Wasser abgespült und zwar so lange bis das Waschwasser kein Chlorbarium mehr enthielt, dann getrocknet und eingeäschert.

Die 10 getrockneten Pflanzen wogen

bei b.	0,2946 Grm.	und	lieferten	0,0146	Grm.	Asche,
„ c.	0,3451 „	„	„	0,0179	„	„
„ d.	0,3081 „	„	„	0,0180	„	„

In der Asche Baryterde sehr deutlich nachweisbar.

Wenn dieser Thatsache entgegen von denjenigen, welche der Pflanze ein Wahlvermögen zuschreiben, angeführt wird, daß diese giftigen Stoffe die Wurzeln zerstört hätten und daß dieselben alsdann in Folge von Capillarattraction in die Pflanzen eingetreten seien, so erklärt dies allerdings die Aufnahme dieser Stoffe vollständig, aber leider fehlt für diese Erklärung der Beweis, während gegen dieselbe wieder Manches anzuführen ist. Wäre dies wirklich der Fall, so müßte man in den Pflanzen größere Mengen der betreffenden Stoffe finden, als sie enthalten: bei den Versuchen sind stets nur geringe Mengen der feindlichen Stoffe in der Pflanze nachgewiesen; dies genügt für die Thatsache der Aufnahme und ergiebt sich aus der weiter unten folgenden Erklärung der Aufnahme der Nährstoffe leicht.

Daß die Wurzeln, wenn die Pflanzen lange in Lösungen mit solchen der Pflanze giftigen Stoffen verweilen, mit der Zeit zerstört werden, kann nicht bestritten werden, natürlicherweise müssen daher die Pflanzen eher aus den Lösungen genommen werden, als bis dieser Zeitpunkt eingetreten ist.

§. 88.

3. Die Pflanzen besitzen kein Wahlvermögen. Die Endosmose und Exosmose — Membrandiffusion.

Der soeben besprochenen Ansicht steht nun die andere gegenüber, welche die meisten Pflanzen-Physiologen, wie de Candolle, Mulder, Schleiden, Schacht und viele Andere zu ihren Vertheidigern hat, nämlich die, daß die Pflanze kein Wahlvermögen besitze, sondern daß sie alles, was ihr in einer Lösung geboten werde, aufnehmen müsse.

Das „Wie“ bei der Aufnahme der Nährstoffe ohne Wahl findet am besten in dem von W. Fischer 1814 und Dutrochet 1827 aufgestellten Gesetze der Endosmose und Exosmose seine Erklärung.

Nach diesem Gesetze, welches durch zahlreiche Versuche bestätigt ist, gleichen zwei Flüssigkeiten, welche durch eine Membran getrennt sind, sich allmählich in der Art aus, daß nach einer gewissen Zeit

in beiden Flüssigkeiten dieselben Mengen der Körper enthalten sind. Dutrochet drückt dies wie folgt aus: „Wenn zwei an Dichte oder chemischer Natur verschiedene Flüssigkeiten durch eine dünne und durchdringliche Scheidewand getrennt sind, so stellen sich durch diese Scheidewand zwei Ströme ein von entgegengesetzter Richtung und ungleicher Kraft.“ „Diese beiden Ströme finden sich in den hohlen Organen, aus denen die organischen Gebilde bestehen und deshalb habe ich sie Endosmose und Exosmose genannt.“ Dutrochet hielt die Electricität für die Ursache dieser Erscheinungen.

Nach Dutrochet wurden die endosmotischen Vorgänge von Magnus, Brunner, Vierordt, Jolly, Ludwig, Liebig, Fick, Schacht und Anderen studirt, von denen aber die meisten thierische Membranen zu den Versuchen benutzten, weshalb die von ihnen erhaltenen Resultate nicht mit voller Schärfe auf die Erscheinungen in der Pflanze anzuwenden sind. Mit pflanzlichen Membranen arbeiteten Fischer und Schacht. Die ausführlichsten und zahlreichsten Versuche mit pflanzlichen Membranen verdanken wir W. Schuhmacher, welcher Collodium — in Aether gelöste Schießbaumwolle — bei seinen Versuchen anwendete. Die Resultate der Versuche von Schuhmacher lassen sich etwa, wie folgt resumiren:

1. Wenn Wasser sich auf der einen Seite der Membran und auf der andern Seite eine Säure, ein Salz oder ein anderer Körper befindet, so tritt durch die Membran um so mehr Wasser durch, je niedriger die Concentration, was sich dadurch erklärt, daß Wasser von der Membransubstanz stärker als die andern Stoffe angezogen wird. Von diesem Gesetze machen die Chloride der alkalischen Erden eine Ausnahme, bei denen das Umgekehrte stattfindet.

2. Die Anziehung der Membransubstanz zu den gelösten Stoffen oder mit anderen Worten die Durchgangsfähigkeit derselben, ist eine verschiedene.

Schuhmacher stellt hier folgende 3 Scalen auf:

a. Für Säuren:

Chlorwasserstoffsäure,
Salpetersäure,
Schwefelsäure,
Oxalsäure,
Essigsäure,
Phosphorsäure.

b. Für Salze nach der Natur ihrer Säuren:

Salpetersaure Salze,
Chlormetalle,
Schwefelsaure Salze,
Oxalsaure Salze,
Essigsaure Salze,
Phosphorsaure Salze,
Kohlensaure Salze.

c. Für Salze nach der Natur ihrer Basen:

Salze von Ammonium,
" " Kalium,
" " Natrium,
" " Magnesium (?),
" " Baryum,
" " Calcium.

Hierzu ist noch zu bemerken, daß die Reihe b. nach den Ammoniacsalzen und die Reihe c. nach den Chlorverbindungen der Basen aufgestellt ist.

Schuhmacher prüfte auch einige organische Körper auf ihre Durchgangsfähigkeit, nämlich: Alkohol, Zucker, Gummi und Eiweiß und fand hier, daß vom Alkohol mehr zum Wasser, als von letzterem zum Alkohol geht, daß ferner beim Eiweiß sehr viel Wasser im Verhältniß zum Eiweiß durchgeht, beim Gummi und Dextrin dagegen weniger und beim Zucker noch weniger, so daß also von diesen Stoffen der Zucker am besten diffundirt.

3. Befinden sich auf beiden Seiten der Membran gelöste Stoffe, so ist das Endresultat dasselbe, als wenn auf der einen Seite nur Wasser ist, d. h. schließlich ist eine gleichmäßige Vertheilung der gelösten Stoffe auf das Lösungsmittel eingetreten, da aber die Durchgangsfähigkeit der Körper eine verschiedene ist, so wird der eine Körper auch eher auf beiden Seiten der Membran ausgeglichen sein, als der andere.

4. Geschlossene Membranen verhalten sich in den Fällen, wo die Lösung sich nicht unter Volumen-Zunahme mit Wasser mischt, ebenso wie offene Membranen, im andern Falle kann, wenn die Membran sich nicht auszudehnen fähig, nicht mehr Wasser durchtreten, als von den gelösten Stoffen austritt.

5. Durch Verdunstung wird die Diffusion befördert, d. h. verdunstet von der einen Flüssigkeit Wasser, wodurch diese concentrirter wird, so tritt von der andern Seite so viel Wasser nach, bis das Gleichgewicht zwischen beiden wieder hergestellt ist; dasselbe, was von Wasser angeführt ist, gilt von flüchtigen Körpern.

6. Die von Wasser aufgelösten Gase diffundiren nach demselben Gesetze, wie gelöste, nicht flüchtige Stoffe.

7. Die Wärme beschleunigt die Diffusion.

8. Je dickwandiger die Membran, um so weniger geht in gleicher Zeit und aus gleich procentigen Lösungen durch dieselbe.

§. 89.

4. Construction der Wurzelspitzen.

Bevor wir die Gesetze der Endosmose und Exosmose oder die der Membrandiffusion auf die Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanze anwenden, müssen wir noch vorher die Construction der Wurzelspitzen betrachten.

Nach den ausführlichen Untersuchungen von Ohlers bestehen die Wurzelfasern aus 4 Theilen: der oberste ist der längste, wenig durchscheinend, gelblich oder röthlich gefärbt; der nächstfolgende ist zarter und durchscheinend, an welchen sich ein verdickter, in der Regel gelber, auch röthlich und grün gefärbter sehr zarter Theil anschließt; das unterste Ende ist kegelförmig, wasserhell und besteht aus ovalen Zellen, von denen die äußern eine Art Saugwurzel bilden. Ferner finden wir die meisten Wurzelfasern mit feinen weißen Haaren, welche aber nicht ganz bis zur Spitze der Wurzelfasern reichen, bedeckt. Beim Längsdurchschneiden der Wurzelfaser zeigen sich in derselben 2 Theile, nämlich in der Mitte ein Gefäßbündel und um dasselbe Paremchymzellen. Diese beiden Theile sind aber nur in dem oberen Theile deutlich zu unterscheiden, mehr nach unten kommen langgestreckte Zellen, welche allmählig feiner und feiner werden, so daß sich an der Spitze nur einzelne Zellen befinden. Wir haben also in den Wurzelfasern in dem mit der Erde in Berührung befindlichen Theile Zellschichten, während im Innern, etwas entfernt von der Spitze, ein Gefäßbündel vorhanden ist.

Welcher oder welche, von den 4 soeben beschriebenen Theilen der- oder diejenigen sind, die die Aufnahme aus dem Boden besorgen, ist noch nicht entschieden. Nach Ohlers ist die Spitze, wie dies von Anderen (de Candolle) behauptet, nicht das Hauptorgan der Aufnahme, sondern nach ihm findet die Aufnahme durch die 3 übrigen Theile statt; ob von diesen alle, oder nur einer, hierbei thätig sind, ist noch nicht festgestellt. Ohlers hält vor Allem den weißen mit Haaren besetzten Theil zur Aufnahme bestimmt, wobei er letzteren ebenfalls eine Function zuschreibt. Ich neige mich dieser Ansicht ebenfalls hin und halte gerade die Häärchen für sehr thätig bei der Aufnahme, was, wie ich glaube, durch Folgendes bethätigt wird:

Wenn man Samen in Gefäßen auf Papier keimen und weiter wachsen läßt, wobei durch Bedeckung des Gefäßes in demselben sich eine feuchte Atmosphäre befindet, so beobachtet man stets, daß sich um so mehr von

diesen Häärchen bilden, je trockner die die Wurzel umgebende Atmosphäre ist.

Diese Thatsache, welche ich bei einer sehr großen Anzahl von Versuchen beobachtet habe, scheint mir nur dadurch erklärt werden zu können, daß die Häärchen die Aufnahme der Feuchtigkeit vermitteln und daß deshalb um so mehr sich bilden, je weniger wegen Mangel an Feuchtigkeit von den einzelnen aufgenommen werden kann.

§. 90.

5. Anwendung der endosmotischen Gesetze auf die Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanze.

Wenn wir nun die Untersuchung über das „Wie" der Aufnahme der Nährstoffe durch die Pflanze wieder aufnehmen, so wird dieselbe jetzt, wie folgt zu erklären sein.

Die äußern Enden der Wurzelfasern nehmen die im Boden befindlichen Stoffe endosmotisch auf und zwar Alles, was ihnen in Lösung geboten wird. Die von den äußeren Zellenreihen aufgenommenen Stoffe treten dann ebenfalls auf endosmotischem Wege in die nächstfolgende u. s. w.

§. 91.

6. Die verschiedenen Pflanzen brauchen die einzelnen Nährstoffe in verschiedenen Mengen und nicht in dem Verhältniß, in dem sie in dem Medium, in welchem sie leben, enthalten sind.

Wie wir aber schon früher gesehen haben, brauchen die einzelnen Pflanzen zwar dieselben Stoffe, aber in verschiedenen Mengen, ja dies gilt nicht nur von den einzelnen ganzen Pflanzen, sondern auch von den einzelnen Theilen derselben. So z. B. kommt in fast allen Pflanzen stets mehr Kali als Natron vor, stets mehr Phosphorsäure als Schwefelsäure u. s. w. Das Stroh der Cerealien enthält ferner mehr Kieselsäure als das der Leguminosen und bedeutend mehr als die Samen; die Samen enthalten wieder mehr Kali, mehr Phosphorsäure, mehr Proteïnkörper als das Stroh u. s. w.

Würden nun diese Stoffe in der Bodenlösung in ähnlichem Verhältnisse vorkommen, wie sie von der Pflanze erfordert werden, so wären die genannten Thatsachen leicht erklärt. Dem ist aber nicht so: die Pflanze verbraucht die Stoffe nicht in dem Verhältnisse, in dem sie in der Bodenlösung vorkommen, wie dies aus Folgendem hervorgeht.

α. Die Versuche von Gorup-Besanez.

Gorup-Besanez ließ die Asche von Trapa natans in verschiedenen Perioden der Entwickelung, so wie das Wasser des Teiches, in welchem sie gewachsen waren, untersuchen, wobei sich Folgendes ergab:

	Die Pflanzen im Mai gesammelt; Analyse von Stern.	Die Pflanzen im Juni gesammelt; Hoch- und Niederblätter und Wurzeln; Analyse von Klinckfieck.	Fruchtschalen; Analyse von Herzogenrath.
Kieselsäure	28,66	27,34	4,843
Eisenoxyd	29,62	23,40	68,603
Manganoxyduloxyd	7,57	14,70	9,638
Kalkerde	14,91	17,65	9,778
Magnesia	7,56	5,15	0,914
Kali	6,89	6,06	1,264
Natron	1,41	2,71	0,626
Chlor	0,65	0,46	0,414
Schwefelsäure	2,73	2,53	3,920
Summa . .	100,00	100,00	100,000
Aschenprocente der bei 100° C. getrockneten Pflanze . .	29,64	15,924	7,754
Phosphorsäure	Spuren.	Spuren.	Spuren.

Das Teichwasser war nach der Analyse von Klinckfieck, wie folgt, zusammengesetzt:

	In 10000 Theilen Wasser.	In 100 Theilen des geglühten Rückstandes des Wassers.
Kieselsäure	0,0153	1,9020
Eisenoxyd	0,0090	1,1186
Manganoxyduloxyd	0,0012	0,1492
Kalkerde	0,3398	42,2427
Magnesia	0,1455	18,0880
Kali	0,0730	9,0751
Natron	0,0741	9,2119
Chlor	0,0095	1,1810
Schwefelsäure	0,1370	17,0313
Summa . .	0,8044	100,0000

Diese Zahlen beweisen die oben ausgesprochene Behauptung ohne jeglichen Commentar.

Dasselbe haben die früher näher beschriebenen Versuche über Erziehung von Landpflanzen in wässerigen Lösungen ergeben.

β. Die Versuche Saussure's.

Die so wichtige Frage über die Art der Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanze ist schon von Saussure zum Gegenstand von Versuchen gemacht worden, welche, da sie ferner zur Illustration der angeregten Frage dienen, hier Platz finden müssen.

Saussure präparirte einige Lösungen, welche auf 793 Ccm. Wasser 637 Milligr. feste Stoffe enthielten; bei den späteren Angaben sind diese gleich 100 gesetzt. In je einer dieser Lösungen brachte er zwei Pflanzen, welche in denselben so lange blieben, bis die Hälfte der Lösung verbraucht war, was in 2 Tagen erfolgte. Hätten die Pflanzen die Stoffe in demselben Verhältnisse, in welchem sie in der Lösung befindlich waren, aufgenommen, so müßte bei den einzelnen Versuchen stets die Hälfte der Stoffe (also 50) aus der Lösung verschwunden sein; statt dessen war die Aufnahme wie folgt:

	Polygonum Persicaria.	Bidens Cannabina.
Chlorkalium	14,7	16
Chlornatrium	13,0	15
Salpetersaures Natron	4,0	8
Schwefelsaures „	14,4	10
Chlorammonium	12,0	17
Schwefelsaures Kupferoxyd	47,0	48

Saussnre präparirte ferner Lösungen von je 2 oder 3 Salzen, so daß von jedem Salze stets dieselbe Menge gelöst war; das übrige wie vorher; hierbei wurden aufgenommen von:

	Polygonum.	Bidens.
Schwefelsaures Natron	11,7	7,0
Chlornatrium	22,0	20,0
Schwefelsaures Natron	12,0	10,0
Chlorkalium	17,0	17,0
Essigsaure Kalkerde	8,25	5,0
Chlorkalium	35,0	16,0
Salpetersaure Kalkerde	4,25	2,0
Chlorammonium	16,25	15,0

	Polygonum.	Bidens.
Essigsaure Kalkerde	4,25	2,0
Schwefelsaures Kupferoxyd	16,25	15,0
Salpetersaure Kalkerde	17,0	35,0
Schwefelsaures Kupferoxyd	34,0	39,0
Schwefelsaures Natron	6,0	13,0
Chlornatrium	10,0	16,0
Essigsaure Kalkerde	0,0	0,0

Saussure resumirt die Resultate dieser Versuche in Folgendem:

1. Die Wurzeln der Pflanzen absorbiren die Salze immer in geringeren Verhältnissen, als das Wasser, welches dieselben gelöst enthält.

2. Das Durchschneiden der Wurzeln, ihre Zersetzung und im Allgemeinen die Mattigkeit der Vegetation begünstigen das Eindringen der Salze in die Wurzeln.

3. Ein Gewächs saugt nicht in gleichem Verhältniß alle in der nämlichen Auflösung zugleich enthaltenen Substanzen ein, es macht besondere Abscheidungen; es absorbirt diejenigen Stoffe in größerer Menge, deren Auflösungen einzeln betrachtet, weniger klebrig sind.

γ. Die Untersuchungen von W. Wolff.

Diese für die Ernährung der Pflanzen so wichtigen Saussure'schen Versuche bedurften aber aus zwei Gründen einer Wiederholung, denn

1. hatte Saussure dieselben mit Landpflanzen mit ihren Landwurzeln angestellt; wir wissen aber jetzt, daß Landpflanzen in Wasser ihre Wurzeln verlieren und neue Wasserwurzeln bilden und

2. waren dieselben mit den damals zwar guten, jetzt aber als mangelhaft bekannten analytischen Methoden gemacht worden.

Deshalb nahm W. Wolff diese Untersuchungen wieder auf und führte sie auf das sorgfältigste nach den verschiedenen Richtungen hin durch.

Wolff resumirt seine äußerst zahlreichen Versuche mit Bohnen und Maispflanzen wie folgt:

1. Die Aufnahme eines Salzes aus einer Lösung in die Pflanze erfolgt für alle Fälle nach dem Saussure'schen Gesetze, wenn die gegebene Lösungs-Concentration größer ist, als 0,25procentig.

2. Sind die Lösungen, aus welchen die Pflanzen die Salze entnehmen sollen, von niederer Concentration als 0,25procentig, so hängt die Art der Aufnahme, von den an den Wurzeln noch zugleich vorhandenen Salzarten ab.

Die Aufnahme eines Salzes kann durch die gleichzeitige Gegenwart eines andern Salzes gewisse Modificationen erfahren; es kann eine gesteigerte Aufnahme eines andern Salzes eintreten.

3. Die Pflanzen äußern das Bestreben verdünntere Auflösungen an Salzen relativ mehr zu erschöpfen, als concentrirtere.

Es kann von einer Pflanze die ganze Menge des in einem Lösungsgemisch befindlichen einen Salzes aus der Lösung mit der Hälfte der Lösungsflüssigkeit aufgenommen werden.

4. Den Pflanzen wohnt eine Thätigkeit inne, vermöge welcher die Zellflüssigkeiten Salze auf eine Weise so innig binden können, daß diese Salze der lebenden Pflanze durch destillirtes Wasser, welches man mit den Wurzeln derselben in Berührung bringt, nicht mehr entzogen werden können. Es bestehen innige Beziehungen zwischen den einzelnen mineralischen Nährstoffen und dem Inhalte der Zellen; durch die gleichzeitige Mitwirkung eines zweiten Salzes können gewisse Veränderungen dieser Beziehungen herbeigeführt werden. Die Einflüsse verschiedener Salze auf die Zellenthätigkeit sind verschiedener Art.

5. Die beiden Versuchspflanzen unterscheiden sich nur in der absoluten Mengenaufnahme der einzelnen Salze von einander. Diejenigen Salze, welche die Maispflanzen in vom Saussure-Gesetze abweichenden Verhältnissen aufnehmen, werden auch von den Bohnenpflanzen nach vom Saussure'schen abweichenden Gesetzen aufgenommen.

6. Einen bestimmten Factor für die Art der Aufnahme eines Salzes in die Pflanze bildet das Verhältniß oder die Verwandtschaft des Zellinhalts zu dem aufzunehmenden Salze.

7. Die Salzlösungen werden unmittelbar an den Wurzeln nicht zersetzt: die Salze gehen unzersetzt in die Wurzeln ein; eine Zersetzung und Umbildung der mineralischen Nährstoffe erfolgt somit erst im Innern der Pflanze bei Assimilation der Kohlensäure und Neubildung der organischen Natur.

8. Mit einem größeren Wasserquantum, welches durch die Wurzeln geht, wird auch in den meisten Fällen ein größeres Salzquantum aus gleichprocentigen Lösungen aufgenommen; jedoch steigt die Aufnahme von Salz nicht in einfacher Proportion mit der Mehraufnahme von Wasser.

9. Auf die Größe der Einsaugung von Wasser durch die

Wurzeln ist nicht allein die Größe der verdunstenden Blattflächen von Einfluß, sondern die Aufnahme von Wasser ist abhängig von der Concentration der Lösung und steht im innigen Zusammenhange mit der Durchgangsfähigkeit der einzelnen Salze durch die Wurzelzellen.

10. Für die Durchgangsfähigkeit der benutzten Salze findet ein merkwürdiger Unterschied statt. Es lassen sich nach den erhaltenen Zahlen-Resultaten, die Salze nach dem Grade der Durchgangsfähigkeit in folgender Weise ordnen:

Leicht diffusibel die Lösung von:	Schwer diffusibel die Lösung von:
salpetersaurem Ammoniac.	schwefelsaurem Natron.
salpetersaurem Kali.	schwefelsaurem Ammoniac.
phosphorsaurem Kali.	schwefelsaurem Kali.
phosphorsaurem Kalke (in Kohlensäure gelöst)	Chlorkalium.
	salpetersaurem Kalk.
2 fach kohlensaurem Kalke.	salpetersaurer Magnesia.
salpetersaurem Natron.	schwefelsaurer Magnesia.

Zur Illustration dieser von Wolf gezogenen Schlüsse führe ich von seinen zahlreichen Versuchen hier folgende mit Bohnen an:

A. bedeutet den Salzgehalt der angewendeten Lösung in 100 Ccm.
B. bedeutet die Wassermenge in Ccm., welche von der Pflanzenwurzel während der Dauer des Versuches aufgenommen wurde.
C. bedeutet die mit dem in B angegebenen Wasser-Quantum aufgenommene Salzmenge in Grammes.
D. bedeutet die Blattoberfläche in Quadratcentimetern.
E. bedeutet die von den Wurzeln aufgesogene Lösung procentisch, berechnet aus B und C.
F. bedeutet das Verhältniß der rückständigen Flüssigkeits-Concentration zu der aufgesogenen in Procenten.
G. bedeutet die Concentrationen des Pflanzensaftes, berechnet aus dem Gesammtwassergehalt der Pflanze und der aus der Lösung in die Pflanze getretenen Salzmenge.

	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.
Salpetersaures Kali.	0,2500	46	0,080	140,0	0,174	0,347 : 0,174	1,00
	0,1000	62	0,068	197,6	0,109	0,100 : 0,109	0,85
	0,0750	59	0,064	180,0	0,107	0,030 : 0,107	0,80
	0,0500	36	0,041	120,3	0,114	0,015 : 0,114	0,51
	0,0250	78	0,024	230,5	0,031	0,006 : 0,031	0,30
Phosphorsaures Kali.	0,2500	50	0,089	—	0,179	0,356 : 0,179	1,12
	0,1000	49	0,038	—	0,077	0,134 : 0,077	0,48
	0,0500	55	0,032	—	0,058	0,045 : 0,058	0,40
	0,0250	57	0,019	—	0,033	0,016 : 0,033	0,23
Chlorkalium . .	0,0500	48	0,015	—	0,031	0,074 : 0,031	0,19
	0,0250	53	0,013	—	0,024	0,028 : 0,024	0,16
Salmiac	0,0500	74	0,030	—	0,040	0,095 : 0,040	0,37
	0,0250	40	0,011	—	0,025	0,025 : 0,025	0,13

Weitere Versuche waren mit salpetersaurem Natron, salpetersaurem Ammoniac, salpetersaurem Kalk, salpetersaurer Magnesia, schwefelsaurem Kali, schwefelsaurem Natron, schwefelsaurem Ammoniac, schwefelsaurem Kalke, phosphorsaurem Ammoniac und saurem kohlensauren Kalke angestellt; von jedem Salze enthielten die Lösungen in 100 Ccm: 0,500, 0,250, 0,100, 0,075, 0,050, und 0,025. Gr. wasserfreies Salz; viele Salze wurden aber in den concentrirteren Lösungen', wie auch die angeführten Beispiele zeigen, nicht vertragen; sie wirkten auf die Wurzelzellen zerstörend ein.

In der folgenden Tabelle bezeichnet A diejenigen Salzmengen in Grm., welche von jedem Salze zu Anfang des Versuchs in 200 Ccm. der gegebenen Flüssigkeit vorhanden waren; B und C die Salzmengen, welche mit der Hälfte der gegebenen Lösung (100 Ccm.) von der Pflanze aufgenommen wurden, D. und E. diejenigen Salzmengen, welche von jedem Salze in die Pflanzen gegangen sind, wenn die zu Anfang des Versuchs vorhanden gewesenen Salzmengen = 100 gesetzt werden.

A.		B.	C.	D.	E.
Salpetersaures Kali	salpetersaures Natron				
(KO, NO^5)	(NaO, NO^5)	KO, NO^5	NaO, NO^5	KO, NO^5	NaO, NO^5
0,2500	0,2500	0,174	0,093	69	37
0,1000	0,1000	0,085	0,021	85	21
0,0500	0,0500	0,043	0,012	86	24
0,0250	0,0250	0,021	0,019	84	76
0,0125	0,0125	0,011	0,009	91	75
Salpetersaures Kali	Gyps.				
(KO, NO^5)	(CaO, SO^3)	KO, NO^5	CaO, SO^3	KO, NO^5	CaO, SO^3
0,2500	0,2240	0,155	0,014	61	6
0,1000	0,1120	0,078	0,030	78	24
0,0500	0,0560	0,041	0,018	82	34
0,0250	0,0280	0,021	0,012	84	46
Phosphorsaures Kali,	schwefelsaures Kali.				
(KO, PO^5)	(KO, SO^3)	KO, PO^5	KO, SO^3	KO, PO^5	KO, SO^3
0,0500	0,0500	0,036	0,014	72	28
0,0250	0,0250	0,019	0,009	76	36
dito.	salpetersaures Kali.				
	(KO, NO^5)	KO, PO^5	KO, NO^5	KO, PO^5	KO, NO^5
0,1000	0,1000	0,039	0,087	39	87
0,0500	0,0500	0,042	0,047	84	92
0,0250	0,0250	0,022	0,015	88	60
Salpetersaures Ammoniac.	Chlorkalium.				
(NH^4O, NO^5)	(KCl)	NH^4O, NO^5	KCl.	NH^4O, NO^5	KCl.
0,0491	0,0500	0,029	0,019	58	38
0,0495	0,0500	0,020	0,012	80	48

Weitere ähnliche Versuche wurden mit allen vorher benannten Salzen in der durch die angeführten Beispiele bezeichneten Art mit ähnlichen Resultaten gemacht.

Die folgenden Angaben mögen das Verhalten der mit Salzen beladenen Pflanzen gegen destillirtes Wasser zeigen. A. bezeichnet, in welchen Lösungsgemischen die Pflanzen vegetirt und welche Salzmengen in Grm. daraus von den Pflanzen mit der Hälfte der Lösung aufgenommen; B. enthält die Mengen der an das destillirte Wasser abgegebenen Mineralstoffe in Grm., nachdem die Pflanzen die Hälfte des destillirten Wassers durch ihre Wurzeln aufgenommen hatten, C. giebt die Versuchszeitdauer in Tagen an.

A.		B.	C.
Salpetersaures Kali + salpetersaurem Natron.			
0,174	0,093	0,0005	16
Salpetersaures Ammoniac + salpeters. Kalkerde			
0,048	0,046	0,001	22
Schwefelsaure Kalkerde + schwefelsaurem Kali			
0,008	0 034	0,0005	15
Phosphorsaures Kali + salpetersaurem Kali			
0,039	0,087	0,0005	13

Aehnliche zahlreiche Versuche wurden mit Maispflanzen angestellt.

Diese angeführten Thatsachen beweisen hinlänglich den oben gethanenen Satz, daß die Pflanzen die in der Bodenlösung vorhandenen Stoffe nicht in demselben Verhältnisse verbrauchen, in dem sie in demselben vorhanden sind und lernen uns fernerhin für das Pflanzenleben äußerst lehrreiche Gesetze kennen.

7. Erklärung der Aufnahme der Nährstoffe nach den endosmotischen Gesetzen.

§. 92.

α. Abhängigkeit der Aufnahme von dem Verbrauch der Stoffe durch die Pflanze.

Es entsteht nun die Frage, wie ist die oben ausgesprochene Thatsache zu erklären, wenn die Pflanze nach den endosmotischen Gesetzen die ihr dargebotenen Nährstoffe ohne Wahl aufnimmt? Bei der Annahme, daß die Pflanzen ein Wahlvermögen besitzen, ist dies natürlich leicht. — Ich bemerke hier noch, daß Gorup Besanez die oben von ihm mitgetheilten Untersuchungen als einen Beweis für das Wahlvermögen der Pflanze hält. — Wir haben oben gesehen, daß zunächst die äußeren Zellen endosmotisch die Nährstoffe aus dem sie umgebenden Medium aufnehmen und daß die aufgenommenen Stoffe dann auf demselben Wege in der Pflanze weiter wandern. Die Pflanze gebraucht die von den äußern Zellen

aufgenommenen Nährstoffe in ihren einzelnen Organen nicht in demselben Verhältnisse, in dem sie absorbirt werden; es werden somit in den einzelnen Theilen der Pflanze von den Nährstoffen verschiedene Mengen verbraucht, hierdurch wird in den Zellen das Gleichgewicht der in ihnen befindlichen Stoffe gestört und in Folge dessen treten die Stoffe welche verbraucht sind, wieder nach und zwar auf endosmotischem Wege.

Die Aufnahme eines Nährstoffes ist somit von dem Verbrauch desselben durch die Pflanze abhängig, daher nehmen die Wurzeln aus dem Bodenwasser vor allem diejenigen Stoffe auf, welche das durch die Vegetation gestörte Gleichgewicht im Zellensafte wiederherstellen. Der Verbrauch von Nährstoffen durch die Pflanze ist der Hauptfactor, durch welchen die Aufnahme derselben aus dem Boden bedingt wird; mit diesem Hauptfactor influiren noch Nebenfactoren mit auf die Aufnahme: es sind dies all die Ursachen, welche auf eine Veränderung der Mengenverhältnisse der einzelnen Stoffe im Zellsafte influiren. Die Veränderung der Concentration und der Mengenverhältnisse des Zellsaftes wird außer durch den Verbrauch von Stoffen durch die Pflanze, durch die Verdunstung von Wasser durch die Blätter und durch Ablagerung von Stoffen in den Zellen veranlaßt.

β. Abhängigkeit der Aufnahme von der Verdunstung.

Die Verdunstung von Wasser durch die Blätter, welche, wie wir oben gesehen haben, nicht allein von den Ursachen abhängt, welche die Verdunstung von Wasser von einer Wasserfläche veranlassen, ist einer der Hauptfactoren, welche die Concentration des Zellsaftes bedingen und somit einer der Factoren, welche die Aufnahme der Nährstoffe aus dem Boden veranlassen. Wenn nun Schuhmacher die Aufnahme der gelösten Stoffe durch die Wurzeln allein von der Diffusion und nicht von der Verdunstung des Wassers durch die Blätter herleitet, so bewegt er sich sicherlich in einem Widerspruch; denn die Diffusion bedingt die Aufnahme von gelösten Stoffen durch die Wurzeln; sie selbst aber wird durch Veränderungen im Zellsafte hervorgerufen und einer der Factoren, welche hierbei thätig sind, ist die Verdunstung. Die Verdunstung durch die Blätter hat aber nicht nur mittelbar, sondern auch unmittelbar, Aufnahme von gelösten Stoffen aus dem Boden zur Folge. Schuhmacher bestreitet zwar die unmittelbare Wirkung der Verdunstung auf die Aufnahme und leitet dies aus theoretischen Deductionen her, welche auf den Gesetzen der Diffusion für todte Membranen

fußen und bringt auch ein Experiment, welches zum Beweise seiner Behauptung dienen soll, nichts destoweniger aber kann ich seine Ansicht nicht für die richtige halten. Einmal lassen sich die Gesetze, welche für die Diffussion mit todten Membranen erhalten sind, nicht in ihrer vollen Schärfe für die lebende Membran anwenden und dann stehen dem einen Versuche von Schuhmacher die vielen Versuche von W. Wolf durchaus entgegen. Wir haben vorher die so äußerst zahlreichen Versuche von W. Wolf besprochen; diese Versuche zeigen unzweifelhaft, daß der Eintritt von Salzen in die Wurzeln nicht allein nach den Gesetzen der Diffusion erfolgt. Aus den Versuchen führe ich hier ein Beispiel an:

Eine Bohnenpflanze, welche in der 0,05 procentigen Salpeterlösung mit der Hälfte der aufgenommenen Lösung 0,041 Grm. Salpeter eingesogen hatte, wobei die Lösung um die Wurzel bei Beendigung des Versuches nur eine 0,019 procentige Concentration hatte, wog frisch 8,8 Grm. und enthielt nahezu 8. Grm. Wasser; es hat daher ein Verbrauch von Salz, zur Bildung organischer Masse nicht stattgefunden, denn die bei 100° C. getrockenete Pflanze wog unbeträchtlich mehr als ein im Durchschnitt getrockneter Same.

Schuhmacher's Versuch war folgender: Er brachte ein Exemplar von Scrophularia aquatica in eine $^1/_{10}$ procentige Lösung von schwefelsaurem Kali, von der 100 Ccm. 0,0992 Grm. Salz enthielten. Sobald 40—50 Ccm. Wasser durch die Pflanze verdunstet waren, wurden diese der Lösung wieder zugesetzt; in 10 Tagen verdunsteten 636 Ccm. Wasser. Darauf wurde die Pflanze in eine neue $^1/_{10}$ procentige Lösung von schwefelsaurem Kali gesetzt, und wie vorher verfahren; in 15 Tagen verdunstete die Pflanze 722 Ccm. Wasser. Die äußere Lösung, welche am Anfang des Versuches in 100 Ccm. 0,0992 Grm. Salz hatte, erhielt jetzt in 100 Ccm. 0,1003 also 0,0011 Grm. mehr, dies mehr glaubt Schuhmacher als Bestimmungsfehler ansehen zu können und schließt nun, daß die Pflanze, trotzdem sie durch ihre Blätter 722 Ccm. Wasser verdunstet, aus der Lösung kein Salz mehr aufgenommen hat. Eine Untersuchung der ersten Lösung am Schlusse des ersten Versuches hat nicht stattgefunden.

Sollte die Verdunstung von Wasser durch die Blätter in keiner Weise unmittelbar auf die Aufnahme von gelösten Stoffen durch die Wurzeln influiren, so würde diese so mächtige Thätigkeit der Pflanze für ihre Ernährung ganz gleichgiltig sein, was aber sicherlich nicht angenommen werden kann. Man muß daher die Verdunstung von Wasser durch die Blätter als unmittelbaren Factor der Aufnahme betrachten.

γ. Ablagerung von festen Stoffen im Zellsafte.

Was die Ablagerung von Stoffen in den Zellen anbetrifft, so beweisen dies die Versuche von W. Wolf auf das entschiedenste, wie dies z. B. der oben auf dieser Seite angeführte darthut.

Derartige in Wurzeln und Blättern aufgespeicherte Stoffe treten dann theilweise in einer neuen Vegetationsperiode, so weit sie nämlich beweglich sind, zur Bildung neuer Organe in einen neuen Kreislauf; ich sagte aber theilweise, weil auch Anhäufungen von Stoffen in Zellen vorkommen, welche nicht weiter von der Pflanze benutzt werden können, wie dies z. B. die bedeutenden Ablagerungen von kohlensaurem Kalke bei den Chara-Arten, deren Trockensubstanz oft zur Hälfte und noch mehr aus diesem Salze besteht, darthun. Die von Wolf beobachtete Auffspeicherung von Stoffen in Zellen, welche später von der Pflanze weiter benutzt werden, zeigen uns auch die jetzt schon recht zahlreichen Analysen von Pflanzen in den einzelnen Stadien der Entwickelung, welche wir später besprechen werden.

Welchen Einfluß die Beschaffenheit der Wurzelmembran auf die Aufnahme hat, ist bis jetzt noch nicht zu bestimmen; daß die Membran einen Einfluß ausüben kann, zeigen die Schuhmacher'schen Versuche, indem sie darthun, daß durch dieselbe um so weniger in derselben Zeit durchgeht, je dickwandiger dieselbe ist. Einen sehr wesentlichen Einfluß bei der Aufnahme glaube ich, können wir der Membran aber nicht zuschreiben; wäre dies der Fall, so würden wir dadurch zu der früheren Ansicht, daß die Pflanze ein Wahlvermögen besitzt, zurückkehren müssen, denn ich wüßte nicht, wie sich dies anders zeigen sollte, als durch ein verschiedenes Verhalten der einzelnen Membranen gegen die einzelnen Nährstofflösungen. Daß wir aber unseren Pflanzen ein besonderes Wahlvermögen nicht zuschreiben können, glaube ich durch die frühere Besprechung dargethan zu haben. Soweit bis jetzt bekannt, zeigen die einzelnen Membranen sowohl unter dem Mikroskop, sowie chemisch keine Veschiedenheit.

§. 93.

Kurze Wiederholung.

1. Die Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanze erfolgt nach den von Fischer und Dutrochet entdeckten Gesetzen der Endosmose.

2. Ein Wahlvermögen besitzen die Pflanzen nicht, sondern sie müssen aufnehmen, was ihnen in Lösung geboten wird, wie dies die Versuche, bei denen den Pflanzen Stoffe, welche ihrem Organismus feindlich sind, geboten und diese aufgenommen worden, darthun.

3. Die Aufnahme erfolgt nur durch die feinen Wurzelfasern,

welche aus 4 Theilen bestehen, von denen wahrscheinlich nur die 3 obersten, welche mit feinen Häärchen besetzt, zu dieser Function bestimmt sind.

4. Die verschiedenen Pflanzen gebrauchen die einzelnen Nährstoffe in verschiedenen Mengen und nicht in dem Verhältnisse, in welchem sie in dem Medium, in dem sie vegetiren, enthalten sind. Letzteres beweisen:

a. die Versuche von Gorup-Besanez, welcher Wasserpflanzen und das Wasser, in dem sie gewachsen waren, untersuchen ließ und darthat, daß die Pflanzen die einzelnen Nährstoffe in ganz anderem Verhältnisse als das Wasser enthielten.

b. Die Versuche von Saussure, bei welchen zweien Pflanzen eine Anzahl von Salzen in wässerigen Lösungen geboten waren und aus denen sich ergab, daß dieselben die Salze nicht in dem Verhältnisse, indem sie ihnen geboten waren, aufgenommen hatten. Diese Arbeiten von Saussure wurden dann von W. Wolf wieder aufgenommen und durch zahlreiche Versuche bestätigt und vervollständigt.

4. Die von den Wurzelspitzen auf endosmotischem Wege aufgenommenen Nährstoffe der Pflanzen wandern in derselben Weise weiter.

5. Die Menge, welche von den einzelnen Nährstoffen aufgenommen wird, hängt in erster Reihe von dem Bedürfnisse der Pflanze, also von dem Verbrauch desselben durch diese ab; denn influiren darauf ferner noch einige Nebenfactoren wie

a. die Verdunstung und

b. die Ablagerung von festen Stoffen in dem Zellsafte der Pflanzen und zwar insoweit, als sie eine Veränderung der Concentration und der Mengenverhältnisse im Zellensafte bedingen und dadurch die Endosmose von Neuem mit anregen.

Kapitel III.

Das Absorptions-Vermögen.

§. 94.

Unter Absorptions-Vermögen des Bodens verstehen wir diejenige Eigenschaft desselben, vermittelst welcher er im Stande ist, die wichtigsten Pflanzennährstoffe, welche in löslicher Form zu demselben gebracht werden, festzuhalten und nicht durchzulassen.

Der erste Entdecker dieser so wichtigen Eigenschaft des Bodens ist Bronner, welcher beobachtete, daß Mistjauche und Salze von der Dammerde absorbirt werden und welcher diese Entdeckung in seinem Buche: der Weinbau in Süddeutschland, Heidelberg 1836, bekannt machte.

Darauf wurde im Jahre 1850 von Huxtable und Thompson, sicherlich ohne Kenntniß des Bronner'schen Buches, von Neuem auf diese Eigenschaft des Bodens aufmerksam gemacht, ja man kann wohl besser sagen, dieselbe von Neuem entdeckt, da auch erst in Deutschland 1863 durch F. Mohr diese Beobachtung Bronner's bekannt geworden ist. Daß aber Bronner die Grundzüge der Lehre der Absorptions-Fähigkeit richtig erkannt hat, geht aus folgender Stelle seines Buches hervor: Er sagt nämlich §. 73, nachdem er einige Versuche angeführt hat: „Diese wenigen Beispiele beweisen hinreichend, welche Fähigkeiten die Erden, selbst Sand und Sandsteine besitzen, die extractiven Theile auszuziehen und völlig aufzunehmen, ohne sie wieder durch das nachrückende Wasser loszulassen; selbst die auflöslichen Salze werden aufgenommen und nur ein geringer Theil durch nachrückendes Wasser wieder abgespült."

Huxtable erkannte diese Eigenschaft der Ackerkrume dadurch, daß er Mistjauche durch Erde filtrirte und fand, daß dieselbe nach der Berührung ihre Farbe, sowie ihren Geruch verloren hatte. Thompson anderseits brachte Ammoniak und Ammoniaksalze mit Erde in Berührung, wobei es sich zeigte, daß die Erde sowohl das freie Ammoniak, als auch das Ammoniak aus den Ammoniaksalzen zu fixiren im Stande war.

Nachdem so durch Huxtable und Thompson auf diese so wichtige Eigenschaft der Ackererde aufmerksam gemacht worden war, sind dann im Laufe der Jahre, vor Allem noch durch v. Liebig angeregt, eine große

Anzahl von Versuchen über das Absorptions-Vermögen des Bodens gemacht worden. Im Folgenden stelle ich dieselben in der Art zusammen, daß ich im ersten Theile das Absorptions-Vermögen des Bodens für die einzelnen wichtigsten Pflanzennährstoffe feststelle, im zweiten untersuche, wie sich die absorbirten Stoffe gegen die lösende Kraft des Wassers u. s. w. verhalten und im dritten die Frage zu beantworten versuche, wie die Absorption geschieht.

I. Absorptions-Vermögen des Bodens.

1. Für Ammoniak.

Thomas Way war der erste, welcher eine größere Anzahl von Versuchen, qualitativ und quantitativ, anstellte, um das Absorptions-Vermögen des Bodens für Ammoniak kennen zu lernen. Er operirte hierbei mit verschiedenen Bodenarten, welche er mit Ammoniak in wässeriger Lösung, sowie mit Lösungen von Salmiak zusammenbrachte. Von den Bodenarten, mit welchen Way operirte, nennt er den einen Redsoil, den andern White clay, außerdem wandte er noch Pfeifenthon an; diese Bodenarten kamen entweder für sich allein, oder zusammen mit kohlensaurem Kalk, oder nachdem sie mit Säuren ausgezogen waren, also das in Säuren Lösliche verloren hatten, mit den betreffenden Lösungen in Berührung. Die Zusammensetzung der beiden Erden ist nach Way folgende:

	Redsoil	White clay
Wasser	20,56	6,15
Organ. Substanz	6,17	—
Eisenoxyd }	7,90	2,11
Thonerde }		12,15
Kohlensaure Kalkerde	5,94	—
Kalkerde	—	0,27
Magnesia	—	0,22
Kali	0,31	0,86
Natron	0,12	1,41
In Säure Unlösliches (Sand und Thon)	59,00	58,03
Kieselsäure	—	18,73
	100,00	100,50

Die 58,03 pCt. Unlösliches des White clay bestanden aus:

Kieselsäure	42,28
Thonerde	11,45
Eisenoxyd	3,53
Kalk	0,55
Magnesia	0,22
	58,03

Die Resultate der Versuche habe ich auf folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 1.

Benennung des Bodens.	Menge desselben. Grs.*)	Stärke der betreffenden Ammoniaklösung in 100 Theilen. Grs.	Menge derselben. Grs.	Form derselben.	Dauer der Berührung. St.	Die ganze Menge des Bodens absorbirte Ammoniak. Grs.	100 Grs. Boden absorbirten Ammoniak. Grs.
Huxtable's Boden (White clay)	760	0,3173	1787	als Ammoniak in Lösung.	2	2,3239	0,3083
do.	456	do.	4082	do.	2	1,7879	0,3921
do.	594	do.	3988	do.	2	2,0817	0,3504
do.	594	do.	3988	do.	½	2,0418	0,3438
do.	594	0,3060	3988	als Salmiak in Lösung.	2	2,066	0,3478**)
Pfeifenthon	400	do.	4000	do.	2	1,1388	0,2847
do. u. kohlens. Kalkerde	400 Gr. Boden 50 Gr. $CaO\,CO^2$	do.	4000	do.	2	1,128	0,282
do.	1000	do.	4000	do.	2	2,078	0,2078
do.	2000	do.	4000	do.	2	4,02	0,201
do., 2 St. lang im hessischen Tiegel gebrannt.	2000	0,3173	4000	als Ammoniak in Lösung.	2	2,44	0,122
do. u. kohlens. Kalkerde	2000 Boden 200 $CaO\,CO^2$	0,3060	4000	als Salmiak in Lösung.	4	0,72	0,036
do. ohne Kalk	2000	0,3173	4000	als Ammoniak in Lösung.	2	0,1004	0,0502
Pusey's Boden	2000	do.	4000	do.	2	3,14	0,157
do.	2000	0,306	4000	als Salmiak in Lösung.	2	3,932	0,1966

*) 7680 Grains (Gran) = 1 engl. Pfund; 282 Grains = 1 Loth preuß.

**) Das Chlor im Filtrat.

Benennung des Bodens.	Menge desselben. Grs.	Stärke der betreffenden Ammoniaklösung in 100 Theilen. Grs.	Menge derselben. Grs.	Form derselben.	Dauer der Berührung. St.	Die ganze Menge des Bodens absorbirte Ammoniak. Grs	100 Grs. Boden absorbirten Ammoniak. Grs.
Huxtable's Boden	2000	0,306	4000	als Salmiak in Lösung.	2	4,732	0,2366
do. mit Salzsäure ausgezogen	2000	0,306	4000	do.	2	2,496	0,1248
do. do. u. kohlens. Kalkerde.	2000 Boden 200 $CaO\,CO^2$	0,306	4000	do.	2	3,656	0,1828
Ein Untergrund-Boden aus Cornwall	2000	0,306	4000	do.	24	1,636	0,0818*)

*) Durch Eisenoxyd roth gefärbt.

Nach Way stellte Brustlein Versuche über die Absorption des Ammoniaks an. Er arbeitete hierbei mit einem Thon, der reich an kohlensaurer Kalkerde war (Erde von Bechelbronn), mit einem fruchtbaren Lehmboden, ebenfalls reich an kohlensaurer Kalkerde (Erde von Mittelhausbergen) und einer Gartenerde von Liebfrauenberg, reich an quarzhaltigem Sande und organischen Bestandtheilen. Diese Erden prüfte er in ihrem Verhalten gegen Ammoniak in wässeriger Lösung, gegen Lösungen von Salmiak und gegen gasförmiges Ammoniak. Das Verfahren hierbei war folgendes: 50 Grm. Erde wurden mit 100 Ccm.**) der betreffenden Lösung in einer Flasche zusammengebracht, diese schnell verschlossen, und dann wurden, nachdem die Erde sich zu Boden gesetzt hatte, mit einer Pipette 50 Ccm. Flüssigkeit abgenommen und auf Ammoniak geprüft. Die Resultate seiner Versuche sind auf folgender Tabelle zusammengestellt:

**) Ccm. = Kubikcentimeter; 1000 Ccm. = 1 Liter; 71 Liter = 62 Quart preuß.

Tabelle 2.

Benennung der Erde.	Ammoniak in 100 Ccm. der Lösung. Grm.	Ammoniak von 50 Grm. Erde absorbirt. Grm.
Erde von Bechelbronn	0,355	0,056
do.	0,117	0,032
do.	0,029	0,014
Erde von Liebfrauenberg	0,355	0,035
do.	0,117	0,026
do.	0,059	0,019
do.	0,029	0,011
Erde von Mittelhausbergen	0,355	0,024
do.	0,117	0,017
do.	0,029	0,008

Darauf stellte Brustlein einige Versuche an, durch welche er bestimmen wollte, welchen Einfluß die Zeit der Berührung auf die Absorption ausübe. Folgendes waren die Resultate:

Tabelle 3.

Benennung der Erden.	Ammoniak in 100 Theilen der Lösung. Grm.	Ammoniak von 50 Grm. Erde in 4 St. absorbirt. Grm.	Ammoniak von 50 Grm. Erde in 24 St. absorbirt. Grm.
Erde von Bechelbronn	0,355	0,048	0,059
Dieselbe	0,117	0,030	0,035
Erde von Liebfrauenberg	0,117	0,024	0,029
Erde von Mittelshausbergen . .	0,117	0,015	0,018

Nachdem so das Verhalten von Ammoniak in wässeriger Lösung gegen die genannten Erden festgestellt war, prüfte Brustlein dieselben in ihrem Verhalten gegen Salmiaklösungen und erhielt hierbei folgende Resultate:

15*

Tabelle 4.

Benennung der Erden.	Ammoniak in 100 Ccm. der Lösung. Grm.	Ammoniak von 50 Grm. Boden absorbirt. Grm.
Erde von Bechelbronn	0,379	0,09
Dieselbe	0,038	0,02
Erde von Liebfrauenberg	0,379	0,043
Dieselbe	0,038	0,01
Erde von Mittelhausbergen	0,379	0,055
Dieselbe	0,038	0,018

Bei den Versuchen, durch welche die Absorption von gasförmigem Ammoniak nachgewiesen werden sollte, operirte Brustlein in der Art, daß er trockene oder feuchte Erde einer ammoniakhaltigen Atmosphäre aussetzte, oder eine mit Ammoniak geschwängerte feuchte Luft über die Erde streichen ließ, (im letzteren Falle war die Luft durch 50 Ccm. der Ammoniaklösung gegangen). Die Resultate dieser Versuche sind folgende:

Tabelle 5.

Menge der Erde. Grm.	Beschaffenheit derselben.	Ammoniak in der Luft unter der Glocke, welche 3 Liter faßte. Grm.	Dauer der Berührung.	Menge des absorbirten Ammoniaks. Grm.	Bemerkungen.
50	angefeuchte.	0,453	3 Tage	0,206	Die Erde einer ammoniakhaltigen Atmosphäre ausgesetzt.
50	trocken	0,453	3 do.	0,142	
50	?	0,0094	5 do.	0,0081	
50	—	0,364	—	0,096	Ein ammoniakhaltiger feuchter Luftstrom passirte die Erde.
50	—	0,0414	—	0,0391	
400	—	750 Ccm. mit einem Ammoniakgehalte von 3,547.	—	0,6276	

Von Brustlein ist ferner noch eine sehr interessante Versuchsreihe über die Frage angestellt worden, ob das Ammoniak als solches vom Boden absorbirt werde, oder ob es theilweise oder ganz eine chemische Veränderung erleide. Zur Beantwortung dieser Frage ließ Brustlein die Bodenarten Ammoniak absorbiren und untersuchte dieselben dann auf ihren Ammoniakgehalt. Hierbei erhielt Brustlein folgende Zahlen:

Tabelle 6.

Bezeichnung der Erden:	Ammoniak eingeführt: Grm.	Ammoniak wiedergefunden: Grm.	Differenz:
Erde von Bechelbronn	0,355	0,354	0,001
do.	0,117	0,117	0,000
Erde von Liebfrauenberg	0,178	0,176	0,002
Erde von Mittelhausbergen	0,355	0,353	0,002
Dieselbe	0,117	0,115	0,002
Humuserde	0,352	0,321	0,031
Dieselbe	0,176	0,155	0,021
Torf	0,364	0,339	0,025
Erde von Bechelbronn	0,379 als Salmiak zur Erde gebracht.	0,380	0,001

Ueber die Absorptions-Fähigkeit des Bodens für Ammoniak ist ferner von Stohmann und Henneberg eine sehr interessante Arbeit geliefert worden. Diese Forscher prüften das Verhalten verschiedener Ammoniaksalze zu ein und derselben Erde und bestimmten hierbei zunächst die Abhängigkeit der Absorption von der Concentration der Lösung, von der Zeit der Berührung und von der Masse der Lösung.

Zu ihren Versuchen diente ein auf Süßwasserkalk lagernder Kalkboden mit Beimischung von sehr fein vertheiltem Sande und wenig Thon. Bei den Versuchen wurde eine gewogene Quantität Erde in einem durch einen eingeschliffenen Glasstöpsel verschließbaren, ausgetrockneten Cylinder mit einem abgemessenen Volumen titrirter Flüssigkeit (von bekanntem Ammoniakgehalt) übergossen, tüchtig durchgeschüttelt und eine bestimmte Zeit unter öfter wiederholtem Umschütteln damit stehen gelassen; dann wurde unter den nöthigen Vorsichtsmaßregeln filtrirt und das Filtrat durch Kochen mit Natronlauge und Auffangen der übergehenden Dämpfe in titrirte Schwefelsäure auf Ammoniak untersucht. Die zu den Versuchen dienende Erde hatte folgende Zusammensetzung:

	Feuchtigkeit	2,36
	Organiſche Subſtanz und gebundenes Waſſer	4,46
In Salpeterſäure löslich.	Kohlenſaurer Kalk	38,48
	Kohlenſaure Magneſia	0,77
	Kieſelſäure	0,82
	Phosphorſäure	0,35
	Eiſenoxyd	0,42
	Thonerde	0,57
	Kali und Natron	0,10
In Schwefelſäure löslich.	Kieſelſäure	4,99
	Thonerde	2,68
	Eiſenoxyd	1,46
	Kalk	0,14
	Sand	41,77
		99,37.
	Stickſtoff	0,197.

Die Reſultate der Verſuche in Betreff der Abhängigkeit der Abſorption von der Concentration der Löſung und der Zeitdauer der Einwirkung ſind auf folgender Tabelle zuſammengeſtellt.

Anmerkung zur Tabelle 7 pag. 231.

Die in der mit „Hbg." bezeichneten Spalte enthaltenen Zahlen ſind von Henneberg und die mit „St." bezeichneten von Stohmann gefunden. —

Die Beobachter bemerken ferner, daß die in der Tabelle angeführten Zahlen alle mit einem kleinen Fehler behaftet ſind, da die Erde an Waſſer eine Spur Ammoniak abgiebt. 100 Grm. Erde geben nämlich an 200 Ccm. deſtillirtes Waſſer 0,002 Ammoniak ab; folglich beträgt die von 100 Grm. Erde abſorbirte Ammoniakmenge 0,002 Grm. mehr, als die Tabelle angiebt. — Bei den Verſuchen mit Aetzammoniak iſt beim Filtriren durch Verdunſtung etwas Ammoniak verloren gegangen, ſo daß, wie Kontrolverſuche zeigten:

bei der 0,05 Atom Aetzammoniak erhaltenden Löſung 0,0054 Grm.,
bei der 0,1 Atom „ „ 0,0134 „
und bei der 0,2 „ „ „ 0,0240 „
weniger abſorbirt ſind. —

Tabelle 7. Ammoniak-Absorption durch 100 Grm. Erde aus 200 Ccm. Lösung in Grm. Ammoniak ausgedrückt.

	Dauer der Berührung. Stunden.	200 Ccm. Lösung enthielten Ammoniak: 0,170 Grm. 0,05 Atom im Liter. Hbg.	St.	0,340 Grm. 0,1 Atom im Liter. Hbg.	St.	0,680 Grm. 0,2 Atom im Liter. Hbg.	St.	1,700 Grm. 0,5 Atom im Liter. Hbg.	St.	3,400 Grm. 1 Atom im Liter. Hbg.	St.
1. Aetzammoniak	4	—	0,056	—	0,086	—	0,122				
	24	—	0,058	—	0,080	—	0,174				
	168	0,052	0,067	0,095	0,120	—	—				
	Durchschnitt	0,058		0,095		0,149					
2. Salmiak	4	0,056	0,056	0,070	0,070	0,102	0,102	{0,106 0,115	0,122	0,206	0,208
	24	0,058	0,052	—	—	{0,112 0,104 0,112	0,102	0,128	0,102	—	0,238
	168	0,056	0,049	0,072	0,074	{0,110 0,106	0,118	0,136	0,118	{0,136 0,162	0,130
	Durchschnitt	0,0545		0,071		0,107		0,118		?	
3. Salpetersaures Ammoniak . . .	4	—	0,055	0,083	0,081	0,106	—	0,154	0,188		
	24	0,052	0,056	0,080	0,078	—	0,106	—	0,174		
	168	—	0,053	—	0,079	—	0,105	—	0,157		
	Durchschnitt	0,054		0,080		0,106		?			
4. Schwefelsaures Ammoniak . . .	4	—	0,057	—	—	—	0,120				
	24	—	0,057	{0,087 0,086	0,086	0,114	0,120				
	168	—	0,057	—	0,086	0,116	0,122				
	Durchschnitt	0,057		0,086		0,118					
5. Mischungen von Ammoniak und Salmiak zu gleichen Theilen . .	24	—	—	0,089	—	0,118					
6. Phosphorsaures Ammoniak . . (2 N H 4 O, HO, PO 5)	4	—	—	0,140	{0,136 0,136 0,136	—	{0,188 0,202 0,208				
	24	—	—	0,144	{0,150 0,144	0,205	0,205				
	48	—	—	—	—	0,226	—				
	Durchschnitt			0,141		0,206					
		0,055		0,079		0,110					

Für die Abhängigkeit der Absorption von der Masse der Lösung erhielten Stohmann und Henneberg folgende Zahlen:

Tabelle 8.

	Zeitdauer der Berührung.	Menge der Flüssigkeit Ccm.	Menge des absorbirten Ammoniaks. Grm.
Salmiak		200	0,112
$^1/_5$ Atom im Liter	24 St.	400	0,134
Salpetersaures Ammoniak .		200	0,083
$^1/_{10}$ Atom im Liter . . .	5 St.	400	1,100
Mischung von Salmiak und Aetzammoniak	24 St.	200	0,118
Zusammen $^1/_5$ Atom im Liter		400	0,146

Außer dem Ammoniakgehalte des Filtrats wurde in demselben noch die Menge des gelösten Kalks, sowie die der gelösten Magnesia, ferner die Säure des zu den Absorptions-Versuchen angewendeten Ammoniaksalzes quantitativ bestimmt. In Betreff der Kalkerde — die Menge der gelösten Magnesia war sehr gering — erhielten die Beobachter nach Abzug des durch 200 Ccm. reines Wasser und des durch das betreffende Ammoniaksalz als kohlensauren Kalk gelösten Kalkes folgende Zahlen:

Tabelle 9.

	100 Grm. absorbiren Ammoniak. Grm.	200 Ccm. Filtrat erhalten:	
		kohlensaurer Kalk. Grm.	dieser äquivalent mit Ammoniak Grm.
$^1/_{20}$ Salmiak, 7 Tage	0,056	0,154	0,052
$^1/_5$ „ desgl.	0,107	0,267	0,091
$^1/_5$ „ 24 Stund.	0,107	0,252	0,086
$^1/_2$ „ desgl.	0,120	0,330	0,112
$^1/_{10}$ schwefelsaures Ammoniak, 24 Stund.	0,086	0,199	0,068

Diese Zahlen zeigen somit, daß die an Stelle des absorbirten Ammoniaks in Lösung getretene Menge Kalkerde ziemlich letzterem äquivalent ist.

Für die mit dem Ammoniak in den Lösungen verbundenen elektro-negativen Bestandtheile, nämlich Schwefelsäure und Chlor, zeigte sich, daß diese im Filtrate vollständig vorhanden waren, ja sogar wurde noch ein geringer Ueberschuß, aus der Erde stammend, gefunden. In Betreff der Phosphorsäure verweise ich auf das Spätere.

Außerdem liegen noch über die Absorptions-Fähigkeit des Bodens für Ammoniak Arbeiten von Eichhorn, Völcker, Knop, Rautenberg und mir vor.

Eichhorn prüfte das Verhalten des Kaolins und grauen Thones gegen eine Salmiaklösung, indem er 20 Grm. derselben mit 200 Ccm. der Lösung, welche 2,73 pCt. Ammoniumoxyd enthielt, übergoß und 2 Tage lang in Berührung ließ. In dieser Zeit hatte der Kaolin 0,06 Grm. Ammoniumoxyd und der graue Thon 0,18 Grm. absorbirt. In 100 Ccm. der vom Kaolin abfiltrirten Flüssigkeit waren außerdem noch 0,0225 Kalk und 0,011 Grm. Chloralkalien und in 100 Ccm. des Filtrats von dem grauen Thon 0,0685 Grm. Kalk 0,035 Grm. Chlorkalien enthalten.

Die Arbeit Völcker's ist sehr umfassend und interessant, indem er nicht nur das Verhalten verschiedener Ammoniakflüssigkeiten gegen eine Erde, sondern auch gegen verschiedene Erden prüfte. Völcker operirte mit 6 verschiedenen Bodenarten, von welchen er die ersten 5 folgendermaßen charakterisirt:

1) Ein kalkhaltiger Thonboden.
2) Ein fruchtbarer Lehm mit wenig Kalk; dieser wurde bei den Versuchen zu gleichen Theilen mit dem thonigen Untergrund gemischt, auf welchem er ruhte.
3) Schwerer Thonboden.
4) Ein steriler, sandiger Boden mit wenig organischer Masse und kaum einer Spur von Kalk.
5) Weideland, reich an organischer Masse.

Die Zusammensetzung dieser Bodenarten ist folgende:

Tabelle 10.

Mechanische Analyse.

	1.	2. Ackerkrume.	2. Untergrund.	3. Ackerkrume.	3. Untergrund.	4.	5.
Wasser	1,51	—	—	3,91	9,46	—	2,42
Organische Stoffe und gebundenes Wasser	11,08	4,38	2,59	4,80	4,87	5,36	11,70
Kohlensaurer Kalk ꝛc.	10,82	1,37	0,47	2,49	1,12	0,25	1,54
Thon	52,06	18,09	41,79	78,13	75,29	4,57	48,39
Sand	24,53	76,16	55,15	10,67	9,26	89,82	35,95
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Chemische Analyse.

	1.	2. Ackerkrume.	2. Untergrund.	3. Ackerkrume.	3. Untergrund.	4.	5.	6.
Wasser . . .	1,51	—	—	3,91	9,46	—	2,420	4,72
Organische Stoffe und gebundenes Wasser	11,08	4,38	2,59	4,80	4,87	5,36	11,700	11,03
Eisenoxyd . .	} 14,25	3,15	7,16	} 7,85	17,38	5,70	11,860	9,98
Thonerde . .		2,15	5,39					6,08
Kohlensaurer Kalk	10,82	(Kalk- 0,77	erde 0,26)	2,08	1,02	0,25	1,240	12,10
Schwefelsaurer Kalk	0,71	—	—	0,15	0,13	—	0,306	0,75
Magnesia . .	0,51	0,13	1,22		0,92		—	
Kali (in saurer Lösung)	0,32	0,49	0,88	} 0,32	} 0,45	} 0,49	0,910	} 1,43
Natron (do.) .	0,05	0,13	0,28				0,112	(Chlornatr.)
Phosphorsäure .	0,10	0,12	0,19	0,04	0,06	Spur	0,080	—
Unlösliche Silikate und Sand	60,65	88,31	80,24	80,85	65,71	87,11	67,530	36,00
Schwefelsäure .	—	Spur	Spur	—	—	0,08	—	—
Chlor . . .	—	0,31	1,79	—	—	—	—	—
Lösliche Kieselsäure	—	—	—	—	—	1,01	4,090	17,93
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Das Verfahren Völcker's bei seiner ersten Versuchsreihe war folgendes: 3000 oder 3500 Grains des Bodens, wurden in einer Flasche mit 14,000 Grains der Ammoniaklösung, welche auf 1000 Grains 0,332 Grs. Ammoniak enthielt, übergossen, im Laufe des Tages mehrere Male gut umgeschüttelt und nach 3 Tagen, nachdem sich die Erde vollständig zu Boden gesetzt hatte, die klare Flüssigkeit abgenommen und untersucht. Diese Bodenarten, welche aus der genannten Ammoniaklösung eine gewisse Menge Ammoniak absorbirt hatten, brachte er dann mit einer stärkeren Ammoniaklösung, welche auf 1000 Grains 0,673 Grs. Ammoniak enthielt, in derselben Weise, wie vorher, zusammen. Zu bemerken ist, daß beim 2. Aufgießen in den Flaschen noch ein Theil von der schwächeren Ammoniaklösung war, so daß die zum 2. Male mit der Erde in Berührung gebrachte Lösung auf 1000 Grs. nicht 0,673 Grs. enthielt, sondern die Stärke derselben bei 1. 0,531, bei 2. 0,554, bei 3. 515, bei 4. 0,562 und bei 5. 546 Grs. Ammoniak auf 1000 Grs. Flüssigkeit war.

Die Resultate dieser Versuche sind folgende:

Tabelle 10.

Bezeichnung des Bodens.	Ammoniak-Absorption aus der ersten Lösung.	Ammoniak-Absorption aus der zweiten Lösung.	Ammoniak-Absorption aus den beiden Lösungen.
Boden 1. 1000 Grs.	0,882	0,6373	1,5193
„ 2. „ „	0,804	0,7323	1,5363
„ 3. „ „	0,7543	0,3697	1,1240
„ 4. „ „	0,868	0,654	1,5220
„ 5. „ „	0,576	0,9457	1,5217

Bei einer weiteren Versuchsreihe prüfte Völcker das Verhalten der Ackererde gegen Ammoniaklösungen von verschiedener Stärke.

Hierzu die Erde 6.; 1750 Grs. derselben wurden mit je 7000 Grs. der betreffenden Lösung zusammengebracht; das Verfahren, wie früher; Zeit der Berührung 4 Tage. Die Resultate dieser Versuche, auf 1000 Grs. Boden berechnet, zeigt folgende Tabelle:

Tabelle 11.

	Stärke der Ammoniaklösung in 1000 Grs. Grs.	Absorbirte Ammoniakmenge. Grs.
1.	0,634	1,32
2.	0,304	0,64
3.	0,176	0,26
4.	0,088	0,10

Zu den Flaschen 2, 3 und 4 wurde darauf, nachdem die Flüssigkeit so gut wie möglich abgenommen war, eine stärkere Lösung gebracht. Die Stärke dieser Lösung im Verein mit dem, was von der ersten Lösung in den Flaschen zurückgeblieben war, betrug jetzt bei 2 (5) 0,5229, bei 3 (6) 0,304 und bei 4 (7) 0,176. Dieser Versuch ergab Folgendes:

Tabelle 12.

	1000 Grs. Boden absorbirten Ammoniak. Grs.	1000 Grs. Boden hatten bei dem 1. und 2. Versuche Ammoniak absorbirt. Grs.
5.	1,047	1,687
6.	0,477	0,737
7.	0,274	0,374

Darauf prüfte Völcker das Verhalten der 5 Bodenarten gegen eine Salmiaklösung, von welcher 1000 Grs. 0,36 Grs. Ammoniak enthielten, und gegen eine Lösung von schwefelsaurem Ammoniak, welche in 1000 Grs. 0,288 Grs. Ammoniak hatte.

Bei jedem Versuche wurden 3500 Grs. Boden mit 14,000 Grs. Lösung zusammengebracht, 3 Tage in Berührung gelassen, dann die klare Flüssigkeit abgezogen und untersucht. Die Resultate dieser beiden Versuchsreihen enthält folgende Tabelle:

Tabelle 13.

	1000 Grs. Boden absorbirten aus der Lösung von Salmiak an Ammoniak. Grs.	1000 Grs. Boden absorbirten aus der Lösung von schwefelsaurem Ammoniak an Ammoniak. Grs.
Boden Nr. 1	0,68	0,608
„ Nr. 2	0,76	0,640
„ Nr. 3	0,80	0,576
„ Nr. 4	0,16	0,256
„ Nr. 5	0,64	0,448

Die Arbeiten von Knop sollen bei der Salpetersäure, die von Rautenberg und mir im 3. Theile angeführt werden.

§. 95.

2. Für Kali.

Die ersten Versuche über die Absorptions-Fähigkeit des Bodens für Kali sind von Thomas Way angestellt.

Way prüfte hierbei das Verhalten von salpetersaurem Kali und Aetzkali gegen zwei verschiedene Bodenarten; der eine ist derselbe weiße Thon (Huxtable's Boden), dessen er sich bei den Versuchen über das Absorptions-Vermögen der Erden für Ammoniak bediente und der andere ein gelber Thonboden aus Cornwall. Die Erde kam entweder im natürlichen Zustande oder, nachdem sie mit Chlorwasserstoffsäure eine Stunde lang gekocht, darauf mit destillirtem Wasser ausgesüßt und in der Kälte getrocknet, mit der betreffenden Kalilösung in Berührung, oder wurde mit derselben eine bestimmte Zeit lang gekocht. Die Resultate dieser Versuche, so wie die näheren Angaben sind auf folgender Tabelle verzeichnet.

Tabelle 14.

Bezeichnung des Bodens.	Menge desselben. Grs.	Stärke der Lösung. %	Menge derselben. Grs.	Form derselben.	Zeitdauer der Berührung. St.	Der ganze Boden absorbirte. Grs.	100 Grs. desselben absorbirten. Grs.	Bemerkungen.
Huxtable's Thonboden	2000	0,8460	4000	als salpetersaures Kali in der Lösung.	2	8,732	0,4366	in der Kälte.
do.	2000	1,0029	4000	do.	24	9,960	0,4980	do.
do.	2000	1,0023	4000	als Aetz-Kali in der Lösung.	12	21,00	1,050	do.
do.	2000	do.	4000	do.	$^1/_2$	23,432	1,1716	Erde und Lösung gekocht, das verdampfte Wasser ersetzt.
do., mit Salzsäure ausgezogen	2000	do.	4000	do.	$^1/_2$	24,308	1,2154	do.
Gelber Thonboden aus Cornwall, mit Salzsäure ausgezogen.	500	do.	4000	do.	2	10,436	2,087	in der Kälte, der Boden nach der Behandlung mit Salzsäure weiß.

Nach Way wurde von v. Liebig eine Reihe von Versuchen über das Absorptions-Vermögen des Bodens für Kali angestellt.

Das Verfahren bei diesen Versuchen war folgendes: Es wurde ein Stechheber, welcher 300 Ccm. Wasser faßte, mit der Erde angefüllt und in der Regel das doppelte Volum von der Lösung der Kalisalze durchfiltrirt. Der Gehalt der Lösung an Kali war bekannt; der des Filtrats wurde quantitativ bestimmt. Bei den Versuchen mit schwefelsaurem Kali geschah die Bestimmung des Kali als Kaliumplatinchlorid; bei den mit kieselsaurem Kali aber dadurch, daß zu einer bestimmten Quantität Erde so lange von der Lösung des kieselsauren Kali zugesetzt und darauf umgeschüttelt wurde, bis die Flüssigkeit eine schwache alkalische Reaktion zeigte, welche beim Stehen nicht wieder verschwand. Vorher war ermittelt worden, daß 100 Ccm. destillirtes Wasser eine schwache aber deutliche, alkalische Reaktion zeigten, wenn sie mit 4 Ccm. der Wasserglaslösung gemischt wurden. v. Liebig operirte mit einer großen Zahl von Ackererden aus den verschiedensten Gegenden und der verschiedensten Zusammensetzung, darunter 3 an Thon reiche Ackererden aus Ungarn, 6 an Kalk reiche Bodenarten (Tabacksboden) aus

Havanna, kalkhaltiger Lehmboden von Weihenstephan und von Bogenhausen bei München und 3 Sorten Kalkboden aus der Umgebung Münchens und von Schleißheim. Die Resultate dieser Versuche zeigt folgende Tabelle:

Tabelle 15.

Bezeichnung des Bodens.	Aus 1000 Ccm. der betreffenden Lösung absorbirten die Erden: Aus einer Lösung.	Menge derselben. Ccm.	Stärke derselben auf 1000 Ccm. Grm.	An Kali. Grm.	Bemerkungen.
Lehmboden von Bogenhausen	von schwefelsaurem Kali.	1000	0,541	0,518	
Thonboden aus Ungarn	do.	1000	0,541	0,5344	
Gartenerde aus München	do.	1000	0,541	0,525	32,2 pCt. kohlensauren Kalk enthaltend.
Walderde	von kieselsaurem Kali.	1000	1,166	0,951	
Gartenerde aus dem botanischen Garten	do.	1000	1,166	1,055	
Lehmboden von Bogenhausen	do.	1000	1,166	1,148	
Ackererde aus Ungarn II.	do.	1000	1,166	1,152	
Gartenerde aus der Umgebung von München	do.	2025	1,183	2,344	32,2 pCt. kohlensauren Kalk enthaltend.
Dieselbe Erde	do.	1940	1,183	2,294	
Lehmboden von Weihenstephan	do.	2200	1,183	2,601	6,6 pCt. kohlensauren Kalk enthaltend.
Lehmboden von Bogenhausen	do.	2000	1,183	2,366	

Bezeichnung des Bodens.	1000 Ccm. Erde absorbirten aus einer Lösung von kieselsaurem Kali:			Bemerkungen.
	Menge derselben. Ccm.	Stärke derselben in 1000 Ccm.	An Kali. Grm.	
Lehmboden aus dem botanischen Garten	1906	1,183	2,206	3,77 pCt. kohlensauren Kalk enthaltend.
Thonboden aus Ungarn I.	2855	1,183	3,377	
do. II.	2785	1,183	3,294	
do. III.	2685	1,183	3,177	
Havanna=Erde I.	1526	1,183	1,805	Farbe grau.
do. II.	1058	1,183	1,251	— gelb.
do. III.	1916	1,183	2,266	Farbe roth; 57 pCt. kohlensauren Kalk enthaltend.
do. IV.	1769	1,183	2,092	Farbe roth.
do. V.	1210	1,183	1,431	— grau.
do. VI.	1150	1,183	1,360	— gelb.

Bei den Versuchen mit Lösungen von salpetersaurem Kali und Chlorkalium wurde das Kali oder Kalium den Lösungen durch dieselben Mengen von Erde wie bei den Versuchen mit schwefelsaurem Kali so weit entzogen, daß der Rest quantitativ nicht bestimmbar war. Das Chlor des Chlorkaliums war vollständig im Filtrat; bei der Gartenerde, die in starker Düngung stand, war der Chlorgehalt des Filtrats sogar noch 0,4 pCt. vermehrt, entsprechend dem Kochsalzgehalte, welchen reines Wasser aus derselben aufgelöst.

Ferner ist von Peters eine ganz ausgezeichnete Arbeit über die Absorption des Kalis geliefert worden. Peters prüfte erstlich das Verhalten einer Erde gegen Kalihydrat und die verschiedene Kalisalze und zwar bei gleicher und verschiedener Concentration der Lösung; zweitens bestimmte er die Verhältnisse bei der Absorption des Kalis aus Lösungen von Kalisalzen bei verschiedenen Mengen der auf eine bestimmte Erdmenge angewandten Absorptions-Flüssigkeit; er machte ferner Versuche, durch die der Einfluß der Zeitdauer auf die Absorption ermittelt wurde und endlich prüfte er noch das Verhalten derselben Lösung gegen verschiedene Erden.

Die Erde, welcher Peters sich bei dem größten Theile seiner Versuche bediente, war folgendermaßen zusammengesetzt:

	In Wasser löslich.	In Salzsäure löslich.	Gesammtgehalt der Erde.
Kalk . . .	0,0116	0,3528	0,500
Magnesia . .	0,0024	0,0070	0,215
Kali . . .	0,0024	0,0636	0,245
Natron . .	0,0017	0,0510	0,255
Thonerde . }	0,0031	?	9,580
Eisenoxyd . }		?	4,170
Kieselsäure .	0,0062	?	81,700
Schwefelsäure	0,0019	0,0240	?
Phosphorsäure	?	0,1024	0,110
Chlor . .	0,0038	?	?

Die lufttrockene Erde enthielt 6,85 pCt. bei 110° C. entweichendes Wasser, somit also 93,15 pCt. trockene Erde und in dieser 4,82 verbrennliche Stoffe; der Stickstoffgehalt der Erde betrug 0,083 pCt.

Die mechanische Analyse ergab: 33,16 pCt thonige feinerdige Theile, 43,70 pCt. staubfeinen Sand und 23,14 pCt. gröberen Sand; wasserhaltende Kraft = 63 pCt.; Reaktion: schwach sauer.

Das Verfahren, welches Peters bei seinen Versuchen befolgt, war folgendes: 100 Grm. der lufttrockenen Erde wurden in einer Flasche mit der Salzlösung — in der Regel 250 Ccm. — zusammengebracht, das Ganze einige Minuten lang tüchtig geschüttelt und dann nach einer bestimmten Zeit — meistens 24 Stunden — mit einer Pipette ein Theil der über der Erde stehenden Flüssigkeit abgenommen, filtrirt und der Analyse unterworfen.

Die Salzlösungen, die zu den Versuchen dienten, waren so eingerichtet, daß sie einen geraden Bruchtheil des Kaliäquivalents (in Grammen ausgedrückt) im Liter Flüssigkeit enthielten. Es kamen bei den verschiedenen Lösungen folgende Kalimengen mit der Erde in Berührung:

bei	$^1/_{80}$	Atom Salz	im Liter	0,14722	Grm. Kali,
„	$^1/_{40}$	„	„	0,29444	„
„	$^1/_{20}$	„	„	0,588875	„
„	$^1/_{10}$	„	„	1,17775	„
„	$^1/_{5}$	„	„	2,3555	„

Was zunächst das Verhalten der Erde gegen die verschiedenen Kalisalze bei gleicher und verschiedener Concentration der Lösungen und gleicher Dauer der Berührung anbetrifft, so erhielt Peters folgende Zahlen.

Vorher bemerke ich noch, daß bei dieser Versuchsreihe 100 Grm. Erde mit 250 Ccm. der betreffenden Lösung 24 Stunden lang in Berührung waren und daß die von mir in der beifolgenden Tabelle angeführten Zahlen zum größten Theile Mittelzahlen aus je 2, 3 oder 4 Versuchen sind. Da ferner von Peters in dem Filtrate nicht nur das nicht absorbirte Kali, sondern außerdem die in Lösung übergegangene Kalkerde, Magnesia und das Natron bestimmt worden, so sind diese Körper in der Tabelle ebenfalls mit aufgeführt.

Tabelle 16.

Angewandte Kali-Verbindung.	Concentration der Absorptions-Flüssigkeit.	In der Flüssigkeit waren gelöst:				Absorbirt waren also Kali.	Die betreffende Zahl ist der Durchschnitt von Versuchen.
		Kalkerde.	Magnesia.	Kali.	Natron.		
Chlorkalium	1/80 Atom im Liter	0,0598	0,0024	0,0484	0,0286	0,0988	4
do.	1/40 do.	0,0703	0,0038	0,1563	0,0378	0,1381	4
do.	1/20 do.	0,1134	0,0045	0,3898	0,0431	0,1990	4
do.	1/10 do.	0,1665	0,0048	0,8653	0,0546	0,3124	2
do.	1/5 do.	0,2326	0,0048	1,9052	0,0720?	0,4503	2
Schwefelsaures Kali	1/20 do.	0,1049	0,0040	0,3799	0,0426	0,2089	2
do.	1/10 do.	0,1510	0,0048	0,8415	0,0670	0,3362	1
Salpetersaures Kali	1/20 do.	0,1292	0,0049	0,3372	0,0757	0,2516	2
Doppelt kohlensaures Kali	1/20 do.	0,0589	0,0038	0,3096	0,0471	0,2792	3
do.	1/10 do.	0,0340	0,0032	0,7073	0,0690	0,4705	1
Einfach kohlensaures Kali	1/20 do.	0,0123	0,0048	0,2734	0,0477	0,3154	3
do.	1/10 do.	0,0130	?	0,6030	0,0340?	0,5747	1
Neutr. weinsaures Kali	1/20 do.	0,0560	?	0,3276	0,0686	0,2612	2
Kalihydrat	1/20 do.	0,0020	?	0,1870	0,0550	0,4018	1
do.	1/10 do.	Spur	?	0,4430	0,1050?	0,7347	1
Phosphorsaures Kali	1/20 do.	0,0268	0,0032	0,0993	0,0174	0,4895	3
do.	1/10 do.	0,0263	?	0,2527	0,0441	0,9250	2
Chlorkalium und einfach kohlensaures Kali zu gleichen Äquivalentstheilen.	1/40 do.	0,0420	0,0048	0,1426	0,0612	0,1518	1
do.	1/20 do.	0,0340	0,0024	0,3751	0,0646	0,2137	1
do.	1/10 do.	0,0170	0,0024	0,7630	0,0720	0,4147	1

Wie diese Versuche zeigen, treten an Stelle des absorbirten Kalis andere Basen in Lösung. Peters zeigt nun durch Rechnung, daß die Menge derselben der Menge des absorbirten Kalis ziemlich aequivalent ist.

Um die den gelösten Basen entsprechenden Kalimengen berechnen zu können, muß von den für erstere gefundenen Zahlen zunächst die Menge dieser Basen abgezogen werden, welche 250 Ccm. Wasser aus 100 Grm. Erde ausziehen und dann von dem Kalke noch die Menge, welche durch die Chlorkaliumlösung als kohlensaurer Kalk gelöst wurde. Ist dies geschehen, so erhält man z. B. folgende Zahlen:

	Die gelösten Basen entsprechen:	Durch die Analyse gefunden:
bei 1/40 Atom Chlorkalium im Liter	0,1241 Grm. Kali	0,1381 Grm. Kali,
„ 1/20 „ „	0,2061 „ „	0,1990 „ „
„ 1/10 „ „	0,3138 „ „	0,3124 „ „

Um den Einfluß, welchen die Verbindung, in welcher sich das Kali in der Absorptions-Flüssigkeit befindet, ausübt zu zeigen, stelle ich noch die Mengen von Kali, welche bei gleicher Concentration der Lösung — 1/20 Atom im Liter — von der Erde absorbirt worden sind, hier zusammen:

	Grm. Kali.
bei phosphorsaurem Kali	0,4895
„ Kalihydrat	0,4018
„ kohlensaurem Kali	0,3154
„ 2fach „ „	0,2792
„ weinsaurem	0,2612
„ salpetersaurem	0,2516
„ schwefelsaurem	0,2089
„ kohlensaurem Kali und Chlorkalium	0,2137
„ Chlorkalium	0,1990

Was das Verhalten der Säuren anbetrifft, so hat Peters in Betreff der Schwefelsäure und des Chlors gefunden, daß diese beiden von der Erde nicht absorbirt werden, sondern vollständig in der Lösung bleiben.

Bei der Absorption von 0,2089 Kali fand Peters in der Lösung 0,5086 und 0,5089 Grm. Schwefelsäure; in der Lösung waren an Schwefelsäure 0,5000 Grm., hierzu noch die durch 250 Ccm. Wasser aus 100 Grm. Erde gelöste Schwefelsäure gleich 0,0019 addirt giebt 0,5019. Bei der stärkeren Lösung von schwefelsaurem Kali (1/10 Atom) wurden 1,0136 Grm. statt 1,0019 Grm. Schwefelsäure gefunden. Nach der Absorption von Kali aus Chlorkalium — 1/20 Atom im Liter — wurden 0,4485 Grm. statt nach der Rechnung 0,4470 Chlor und 0,8930 statt 0,8902 Grm. — 1/10 Atom — gefunden.

Peters prüfte jetzt ferner, ob die aus einer Kalilösung von bestimmtem Gehalte absorbirte Kalimenge stets konstant bleibe, oder ob dieselbe z. B. durch Kochen erhöht werde.

Zur Entscheidung dieser Frage wurden 100 Grm. Erden mit 250 Ccm. Lösung in einer Kochflasche unter Ersatz des verdampften Wassers eine Viertelstunde lang gekocht, dann 24 Stunden stehen gelassen, und darauf die abfiltrirte Lösung analysirt.

Hierbei wurden von d. Erde absorb.:	in der Kochhitze:	in der Kälte:
Chlorkalium 1/20 Atom im Liter . .	0,2018 Grm.	0,1990 Grm.
„ 1/10 „ „	0,3671 „	0,3124 „
„ 1/5 „ „	0,4567 „	0,4503 „
Schwefelsaur. Kali 1/20 Atom im Liter	0,2368 „	0,2089 „
Kohlensaures Kali 1/20 „ „	0,4018 „	0,3154 „
Kalihydrat 1/20 „ „	0,4438 „	0,4018 „
Phosphorsaur. Kali 1/20 „ „	0,5798 „	0,4895 „

Den Einfluß, welchen verschiedene Mengen der auf eine bestimmte Erdmenge angewendeten Absorptions-Flüssigkeit auf die Absorption des Kalis ausüben, zeigt folgende Tabelle, zu deren Erklärung nur noch bemerkt zu werden braucht, daß das Verfahren hier dasselbe war, als bei den ersten Versuchen.

Tabelle 17.

Angewendete Kali-Verbindung.	Menge der Lösung.	Concentration der Lösung.	In der Flüssigkeit waren gelöst:				Absorbirt war also Kali.
			Kalkerde.	Magnesia.	Kali.	Natron.	
Chlorkalium	250	1/40 Atom im Liter	0,0703	0,0038	0,1563	0,0378	0,1381
do.	500	do.	0,1120	0,0032	0,4140	0,0540	0,1748
do.	1000	do.	0,1560	0,0064	0,9740	0,0520	0,2037
do.	250	1/20 do.	0,1134	0,0045	0,3898	0,0542	0,1990
do.	500	do.	0,1680	0,0080	0,9260	0,0640	0,2517
do.	1000	do.	0,2180	0,0120	2,0620	0,1020	0,2935
do.	250	1/10 do.	0,1665	0,0048	0,8653	0,0546	0,3124
do.	500	do.	0,2412	0,0080	1,9580	0,1080	0,2975
do.	1000	do.	0,2740	0,0080	4,2300	0,1160	0,4810

Es wurde ferner, wie schon oben angedeutet, von Peters der Einfluß, welchen die Länge der Einwirkung zwischen Boden und Lösung auf die Absorption ausübt, geprüft. Die Resultate dieser Versuche zeigt beifolgende Tabelle.

Tabelle 18.

Angewendete Flüssigkeit.	Zeitdauer der Einwirkung.	In der Flüssigkeit waren gelöst:				Absorbirt war also Kali.
		Kalkerde.	Magnesia.	Kali.	Natron.	
Chlorkalium 1/40 Atom im Liter.	1/4 Stunde	0,1132	0,0045	0,4471	0,0421	0,1417
	do. do.	0,1176	0,0045	0,4240?	0,0477	0,1648?
	2 do.	0,1110	0,0032	0,4317	0,0416	0,1571
	4 do.	0,1150	0,0045	0,4188	0,0471	0,1690
	8 do.	0,1200	0,0050	0,4028	0,0320?	0,1860
	24 do. (Mittel)	0,1134	0,0045	0,3898	0,0542	0,1990
	2 Tage	0,1120	0,0072	0,3719	0,0540	0,2168
	4 do.	0,1180	0,0050	0,3760	0,0570	0,2128
	6 do.	0,1180	0,0050	0,3854	0,0483	0,2034
	8 do.	0,1290	0,0040	0,3830	0,0459	0,2058
	14 do.	0,1164	0,0048	0,3847	0,0580	0,2041
	14 do.	0,1188	0,0040	0,3854	0,0530	0,2034
	14 do. (Mittel)	0,1176	0,0044	0,3851	0,0555	0,2037
	21 do.	0,1344	0,0048	0,4005	0,0535	0,1882

Schließlich theile ich noch einige von mir über die Absorption des Kalis angestellte Versuche mit.

Das Verfahren, welches ich hierbei meistens beobachtet, war folgendes: 100 Grm. der Erde wurden zunächst mit Wasser gesättigt, oder mit anderen Worten, mit so viel Wasser übergossen, als sie ihrer wasserhaltenden Kraft nach aufnehmen konnten, dann mit 100 Ccm. der betreffenden Lösung in einem Becherglase zusammengebracht, Flüssigkeit und Erde durch Umrühren mit einem Glasstabe innig gemischt, was in den ersten Stunden mehrere Male wiederholt wurde und darauf nach 24stündigem Stehen die Flüssigkeit von der Erde durch Filtration getrennt. Als Absorptions-Flüssigkeit diente eine Lösung von schwefelsaurem Kali, welche in 100 Ccm. 2,0314 Grm. Kali enthielt. Die Erde, welche zu diesen Versuchen benutzt wurde, war dem Versuchsfelde der Akademie Eldena entnommen und hatte folgende Zusammensetzung:

Mechanische Analyse:

Wasser	0,789
Organische Substanz	1,885
Kiessand	66,700
Staubsand	7,300
Abschlemmbares	23,326
	100,000

Chemische Analyse:

	Wässriger Auszug:	Salzsaurer Auszug:
Eisenoxyd	—	0,7336
Thonerde	—	0,5416
Kalkerde	0,01997	0,3441
Magnesia	0,00129	0,0882
Alkalien	0,06800	0,0136
Phosphorsäure	—	0,0367
Schwefelsäure	0,03210	0,0824
Chlor	0,04690	—
Kieselsäure	0,01130	0,0920
Thon	—	21,2100
Sand	—	74,0000
Kohlensäure u. Verlust	—	0,02924

Die Resultate dieser Versuche sind auf folgender Tabelle zusammengesetzt.

Tabelle 19.

Angewendete Kalilösung.	Stärke derselben in 100 Ccm. Grm.	Menge derselben. Ccm.	Gelöst gebliebenes Kali. Grm.	In Lösung getretene Kalkerde. Grm.	Somit von 100 Grm. Boden absorbirt an Kali. Grm.	Bemerkungen.
Schwefelsaures Kali	2,0314	100	1,4647	0,0348	0,5667	Das Filtrat stets farblo
do.	1,0157	100	0,6234	0,0180	0,3923	
do.	1,0157	100	0,6466	0,0196	0,3691	
do.	1,0157	100	0,6142	0,0045?	0,4015	
do.	0,5078	200	0,6698	—	0,1729	
do.	0,2031	100	0,1667	0,0055	0,0365	

Weitere Versuche von mir im dritten Theile.

§. 96.

3. Für Natron.

Was die Absorptions-Fähigkeit des Bodens für Natron anbetrifft, so liegen bis jetzt hierüber nur einige Versuche v. Liebig's vor. Derselbe prüfte das Verhalten von salpetersaurem Natron, schwefelsaurem Natron, Chlornatrium und kieselsaurem Natron gegen verschiedene Erden. Das Verfahren bei diesen Versuchen war dasselbe, welches v. Liebig bei den mit Kali in Lösungen von Kalisalzen befolgte. Die Resultate der Versuche sind auf folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 20.

Bezeichnung des Bodens.	Stärke der Lösung im Liter.	Angewendetes Natronsalz.	1000 Ccm. Boden absorbirten aus den betreffenden Lösungen.	Bemerkungen.
Bogenhäuser Lehmboden	932 Mgrm.	Salpeters. Natron	540 Mgrm.	Hierbei die Menge des Bodens nicht angegeben; aus 250 Ccm. Filtrat 237 Mgrm. schwefelsaures Natron zurückhaltend.
do.	do.	Schwefels. Natron	?	
do.	1243 „	Kieselsaures Natron	683 Mgrm.	
do.	„ „	„ „	1292 „	
Gartenerde aus München	„ „	„ „	1366 „	
Erde von Weihenstephan	„ „	„ „	1440 „	
Erde von Schleißheim	„ „	„ „	1490 „	

Die Versuche, welche mit verschiedenen Erden angestellt worden sind, zeigen, daß die Erde ebenfalls das Vermögen besitzt, Natron zu absorbiren; sie zeigen aber zu gleicher Zeit, daß das Absorptions-Vermögen einer Erde für Natron geringer ist, als das für Kali.

Während z. B. der Bogenhäuser Lehmboden einer Lösung von salpetersaurem Natron (2 Grm. in 1 Liter Wasser) nur 54 pCt. von dem gelösten Natron entzog, ließ dieselbe Erde in einer gleich starken Lösung von salpetersaurem Kali (2 Grm. in 1 Liter Wasser) keine bestimmbaren Mengen von Kali zurück. Ferner verlor eine Mistjauche, welche in 125 Ccm. 86,7 Milli-

grm. Kali und 16,8 Millgrm. Natron enthielt, bei der Filtration durch Erde 81,1 Millgrm. Kali und 5 Millgrm Natron. Diese beiden Beispiele beweisen die vorher hingestellte Behauptung hinlänglich.

§. 97.

4. Für Kalkerde.

Die ersten Versuche, durch welche das Verhalten der Kalkerde gegen Boden geprüft wurde, sind von Way angestellt worden. Die Erde, deren sich Way bei diesen Versuchen bediente, war derselbe weiße Thon, der von ihm bei den Versuchen mit Ammoniak und Kali benutzt war. Mit dieser Erde brachte er Kalkwasser und Auflösungen von doppelt kohlensaurem Kalk in Berührung; die Resultate, so wie die näheren Zahlenangaben dieser Versuche zeigt folgende Tabelle.

Tabelle 21.

Benennung des Bodens.	Menge desselben. Grs.	Stärke der Kalklösung in 100 Theilen. Grs.	Menge derselben. Grs.	Form derselben.	Dauer der Berührung. Stund.	Die ganze Menge der Erde absorbirte Kalkerde. Grs.	100 Grs. absorbirten Kalkerde. Grs.	Bemerkungen.
Weißer Thon (white clay)	2000	0,1211	4000	Kalkwasser.	12	4,620	0,2310	
„ „	100	0,1211	4000	„ „	2	1,468	1,468	
„ „	100	0,1052	3500	„ „	2	1,117	1,117	
„ „	2000	0,0404	4000	doppelt kohlensaurer Kalk	48	1,448	0,0724	Der doppelt kohlensaure Kalk so dargestellt, daß in verdünntes Kalkwasser so lange Kohlensäure geleitet wurde, bis der gebildete kohlens. Kalk wieder vollständig gelöst war.
„ „	100	0,0303	8000	„ „	2	0,731	0,731	

Diese eben angeführten Versuche wurden von Way i. J. 1850 veröffentlicht; darauf stellte er einige Jahre später noch einige Versuche an, welche vor Allem den Einfluß, den der Kalk auf die Absorption des Ammoniaks ausübt, zeigen sollten. Soweit dieselben uns Anhaltepunkte über die Absorption des Kalkes geben, werde ich dieselben hier anführen. Way prüfte das Verhalten verschiedener Bodenarten gegen Kalkwasser von verschiedener Stärke, sowie den Einfluß der Zeitdauer auf die Absorption. Das Nähere über die Versuche, sowie die Resultate derselben habe ich auf folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 22.

Bezeichnung des Bodens.	Stärke der Lösung in 100 Theilen. Grs.	Dauer der Berührung. Stunden.	100 Grs. absorbirten Kalkerde. Grs.	Bemerkungen.
Gault clay (von der Oberfläche)	0,0997	1	0,9254	Der Boden enthält 48,9 pCt. Sand.
" "	"	2	1,0045	
" "	"	24	1,0038?	(Fehler der Analyse)
" "	"	48	1,0577	
London clay (von der Oberfläche	"	1	0,5390	
" "	"	2	0,5313?	(Fehler der Analyse)
" "	"	24	0,5390	
do. $1^1/_2 - 2'$ unter der Oberfläche*)	"	1	0,7119	Der Boden enthielt 21,95 pCt. Sand.
" "	"	48	0,7588	
" "	0,1449	24	0,9772	
" "	0,04985	24	0,6006	
" "	0,1449	24	1,5246	
Derselbe Boden, aber aus einer Tiefe von $3^1/_2'$.	"	1	0,9812	
	"	24	1,0479	

*) Während bei den früheren Versuchen stets 1000 Grs. Boden und 14000 Grs. der Lösung angewendet worden waren, nahm Way bei diesem Versuche 500 Grs. und 14000 Grs. Lösung; und bei den beiden nächsten 2000 Grs. Boden und 28000 Grs. Lösung.

Ferner sind von mir noch einige Versuche über die Absorption des Kalkes aus Kalkwasser gemacht worden.

Der Boden, welcher zu diesen Versuchen diente, war derselbe, wie der, welcher bei der Absorption des Kalis benutzt war, ebenso war auch das Verfahren dasselbe, welches oben beschrieben. Das Kalkwasser hatte in 100 Ccm. einen Kalkgehalt = 0,1333; die Zeit der Berührung betrug 24 Stunden. Bei den 3 angestellten Versuchen wurden folgende Zahlen erhalten:

100 Grm.	Erde	absorbirten	0,1174	Grm. Kalkerde;	gelöst	blieben	somit	0,0159
"	"	"	0,1195	" ;	"	"	"	0,0138
"	"	"	0,1192	" ;	"	"	"	0,0141

Weitere Versuche von mir im 3. Theile.

§. 98.

5. Für Magnesia.

Ueber die Absorption der Magnesia liegen bis jetzt außer den qualitativen Versuchen Way's, durch welche derselbe die Absorptions-Fähigkeit des Bodens für diese Basis konstatirte, noch wenige Versuche von v. Liebig's vor.

Diese Versuche v. Liebig's sind wie die früheren angestellt. Er prüfte das Verhalten von 4 Erden, nämlich der von Bogenhausen, aus seinem Hausgarten, von Weihenstephan und von Schleißheim, gegen eine Lösung von phosphorsaurer Magnesia-Ammoniak in kohlensaurem Wasser. v. Liebig fand, daß 1000 Ccm. der genannten Erden die Magnesia aus 1800 Ccm. der Absorptions-Flüssigkeit, welche im Liter 1425 Milligrm. Salz enthielt, vollständig entfernte.

Von mir sind auch einige Versuche über die Absorption der Magnesia angestellt worden, um noch einige Fragen über die Art derselben genauer beantworten zu können.

Die Erde, welche ich bei diesen Versuchen benutzte, ist dieselbe, die schon zu den Versuchen über die Absorption des Kalis und der Kalkerde diente. 100 Grm. der Erde, nachdem sie vorher mit Wasser gesättigt waren, wurden 24 Stunden lang mit der betreffenden Magnesialösung in Berührung gelassen. Nach der Filtration wurde im Filtrate, nachdem durch oxalsaures Ammoniak der in Lösung getretene Kalk entfernt war, durch phosphorsaures Natron die Magnesia als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gefällt und aus dieser die Magnesia bestimmt. Die Magnesia war in der Absorptions-Flüssigkeit als schwefelsaure Magnesia enthalten. Die Resultate dieser Versuche zeigt beifolgende Tabelle.

Tabelle 23.

	Stärke der Lösung in 100 Ccm. Grm.	Menge derselben. Ccm.	Somit in der Lösung als Magnesia. Grm.	In der Flüssigkeit waren gelöst:			Aus 100 Ccm. Lösung an Magnesia somit absorbirt.
				Kalkerde.	Magnesia.	Schwefelsäure.	
100 Grm. Erde	1,8190	100	1,8190	0,0486	1,3696	2,7782	0,4494
" "	0,9095	100	0,9095	0,0271	0,6544	1,3641	0,2531
" "	0,4331	200	0,8662	0,02898	0,7513	1,4075	0,1149
" "	0,3638	100	0,3638	0,0186	0,2919	0,5738	0,0719
" "	0,1819	100	0,1819	0,0110	0,1223	0,2631	0,0596

Ich bemerke noch, daß die meisten dieser Zahlen Mittelzahlen aus zwei Versuchen sind.

§. 99.

Folgerungen für die Basen.

1. Alle bis jetzt bei den Untersuchungen über die Absorption der Basen und deren Salze benutzten Bodenarten — so verschieden ihre physikalische und chemische Beschaffenheit auch war — besitzen das Vermögen, die Basen zu absorbiren, so daß mit völliger Sicherheit angenommen werden kann, daß diese Eigenschaft jeder Erde — natürlich in größerem oder geringerem Grade — zukommt.

2. Während die Erde der Absorptions-Flüssigkeit eine Basis entzieht, treten die andern in Lösung. (z. B. bei der Absorption von Kali: Kalkerde, Magnesia, Natron.)

3. Bei der Absorption der Basen aus der schwefelsauren und aus der Chlor-Verbindung werden die Basen allein absorbirt, während die Schwefelsäure (siehe diese), resp. das Chlor mit den in Lösung getretenen Basen verbunden gelöst bleibt.

4. Die in Lösung getretenen Basen sind der absorbirten Basis ziemlich äquivalent.

5. Stärkere Lösungen werden absolut mehr erschöpft, dagegen wird verdünnteren Lösungen mehr Basis entzogen.

6. Die Menge der von einer Erde absorbirten Basis hängt ab:

a) von der Conzentration der Lösung,

b) von der Menge derselben, welche mit der Erde in Berührung ist, und

c) von der Verbindung, in welcher sich die Basis in der Lösung befindet.

7. Die Absorption der Basen geschieht in so kurzer Zeit, daß die Länge der Berührung zwischen Erde und Lösung für die Absorption ein unwesentlicher Factor ist.

8. Ein Boden, welcher aus einer schwächeren Lösung so viel absorbirt hat, als er vermag, nimmt aus einer stärkeren noch eine gewisse Menge der betreffenden Basis auf.

9. Auch die schwächste Lösung wird nie vollständig erschöpft: es bleibt stets noch eine gewisse Menge der betreffenden Basis gelöst.

§. 100.

6. Für Kieselsäure.

Was das Verhalten der Kieselsäure gegen Erden anbetrifft, so liegen hierüber bis jetzt die Versuche von v. Liebig vor, wenn ich von den Versuchen Way's, welche dieser mit Flachswasser und Kloaken-Wasser (Sewer-water) angestellt hat, in denen geringe Mengen Kieselsäure enthalten waren, absehe.

v. Liebig prüfte bei seinen Versuchen das Verhalten verschiedener Bodenarten gegen Lösungen von kieselsaurem Kali. In Betreff der Erden ist noch zu erwähnen, daß einige derselben theils im natürlichen Zustande, theils geglüht, theils geglüht und mit geschlämmter Kreide vermischt, endlich mit Kalkmilch zu Brei angerührt und dann getrocknet in ihrem Verhalten gegen die betreffende Lösung von kieselsaurem Kali geprüft wurden. Das Verfahren, welches bei den Versuchen v. Liebig's mit Kali beschrieben worden ist, wurde auch hier befolgt. Das Nähere über dieselben zeigt die nachfolgende Tabelle. p. 251

§. 101.

7. Für Phosphorsäure.

Abgesehen von den Versuchen Way's über das Verhalten von Flachswasser und Kloaken-Wasser, die etwas Phosphorsäure enthielten, gegen Erde, verdanken wir die ersten Versuche über die Absorption der Phosphorsäure v. Liebig. Derselbe prüfte mehrere der schon bei seinen früheren Versuchen erwähnten Erden in ihrem Verhalten gegen phosphorsauren Kalk und phosphorsaure Ammoniak-Magnesia.

Tabelle 24.

Bezeichnung der Erde.	Stärke der Kaliwasserglaslösung in 1000 Ccm. Mllgrm.	In 1000 Ccm. des Filtrats blieben gelöst. Mllgrm.	Somit war an Kieselsäure absorbirt. Mllgrm.	Reaktion und Farbe des Filtrats.	Bemerkungen.
Walderde	2780	2765	15	schwach sauer; braun.	30,9 pCt. organische Stoffe enthaltend.
do., vorher aber mit Kalkmilch bis zur neutralen Reaktion zum Brei angerührt und dann getrocknet.	3230	61	3169	schwach alkalisch.	
Gartenerde (aus dem botanischen Garten)	2780	1699	1081	braun	18 pCt. organische Stoffe enthaltend.
Lehmboden von Bogenhausen.	2780	773	2007	braun	8,7 pCt. organische Stoffe enthaltend.
Derselbe geglüht	3230	—	3230	alkalisch	
Gartenerde II. (aus dem Hausgarten)	2780	355	2425	?	reich an Kalk.
Ungarische Ackererde II.	2780	136	2644	?	9,84 pCt. organische Stoffe enthaltend.
Walderde geglüht, mit 10 pCt. geschlemmter Kreide naß gemischt und dann getrocknet.	2780	1640	1140	neutral; wenig gefärbt.	

Diese Absorptions-Flüssigkeiten waren, wie folgt, präparirt. Die Lösung der phosphorsauren Kalkerde erhielt v. Liebig, indem er Kalkwasser so lange mit verdünnter Phosphorsäure versetzte, bis das Ganze neutral war und dann den entstandenen Niederschlag in Wasser, welches mit Kohlensäure gesättigt war, auflöste; die Lösung der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia wurde ebenfalls vermittelst kohlensaurem Wasser dargestellt. Von diesen Lösungen wurden so lange bestimmte Mengen mit den betreffenden Erden in Berührung gebracht, bis Proben des Filtrates die Anwesenheit der Phosphorsäure anzeigten. Die Lösung der phosphorsauren Kalkerde

enthielt im Liter 610 Milligrm. des Salzes und die der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia 1425 Milligrm. des Salzes. Die Resultate dieser Versuche habe ich auf folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 25.

Bezeichnung der Erde.	Stärke und Name der betreffend. Lösung. Mllgrm.	Menge derselben. Ccm.	Menge des absorbirten phosphors. Salzes. Mllgrm.	Bemerkungen.
1000 Ccm. Lehmerde von Bogenhausen	Phosphorsaurer Kalk 610 im Liter.	1800	1089	Die Filtrate waren beinahe ebenso kalkhaltig, als vorher; der gelöste Kalk stammte aber nicht von dem phosphors. Kalk der Lösung her, sondern war dem Boden durch die Kohlensäure der Lösung entzogen.
do. Gartenerde (Hausgarten)	do.	1600	976	
do. Erde v. Weihenstephan	do.	1600	976	
do. Erde v. Schleißheim.	do.	1600	976	
do. Erde v. Bogenhausen	Phosphorsaure Ammoniak-Magnesia 1425 im Liter.	1800	1425	Phosphors., Ammoniak u. Magnesia der Lösung entzogen; an ihrer Stelle war im Filtrat Kalkerde, und zwar der Reihe nach: 456, 524, 402 und 884 Milligrm.
do. Gartenerde (Hausgarten)	do.	1800	1425	
do. Erde v. Weihenstephan	do.	1800	1425	
do. Erde v. Schleißheim	do.	1800	1425	

v. Liebig bemerkt noch, daß den Absorptions-Flüssigkeiten durch Zusatz von geschlemmter Kreide kein phosphorsaurer Kalk, resp. phosphorsaure Ammoniak-Magnesia entzogen werden.

Ferner sind von Henneberg und Stohmann einige Versuche über das Verhalten von phosphorsaurem Ammoniak gegen Erde gemacht worden.

Die Erde, welche zu diesen Versuchen benutzt wurde, ist dieselbe, welche zu den Versuchen mit Ammoniak diente; ebenso ist auch das Verfahren dasselbe, wie es bei den früheren Versuchen dieser Herren beschrieben. Die Phosphorsäure wurde, da Ammoniak und oxalsaures Ammoniak keinen Niederschlag in den Filtraten hervorbrachten, durch Chlorammonium-Mag-

nesium gefällt und als pyro-phosphorsaure Magnesia gewogen. Die Resultate der Versuche zeigt beifolgende Tabelle.

Tabelle 26.

	Stärke der Lösung in 200 Ccm. Grm.	Zeit der Berührung Stunden.	Absorbirte Phosphors.-Menge. Grm.
100 Ccm. Erde und 200 Ccm. Lösung	0,144	6	0,072
" "	0,144	6	0,072
" "	0,720	2½	0,288
" "	"	2½	0,212
" "	"	4	0,500
" "	"	6	0,244
" "	"	24	0,280
" "	"	24	0,268
" "	"	24	0,208
" "	1,440	2½	0,304
" "	"	4	0,360
" "	"	6	0,396
" "	"	24	0,420
" "	"	24	0,428
" "	"	24	0,364
" "	"	168	0,534

Nach Stohmann und Henneberg sind noch von Peters einige Versuche über die Absorption der Phosphorsäure gemacht worden. Peters operirte mit Lösungen von phosphorsaurem Kali, benutzte zu diesen Versuchen dieselbe Erde, deren er sich bei seinen anderen Versuchen bedient hatte und befolgte auch hier dasselbe Verfahren, wie dort. Peters erhielt hierbei folgende Resultate:

100 Grm. Erde absorbirten aus 250 Ccm. Lösung
mit 0,8920 Phosphorsäure in 24 Stunden 0,3238 Grm.
" 0,8920 do. in 3 Wochen 0,5141 "
" 1,7840 do. in 24 Stunden 0,5168 "
" 1,7840 do. in 3 Wochen 0,7196 "

Ich bemerke noch, daß, wie Peters angeführt, die angegebenen Zahlen Mittelzahlen sind.

Ferner ist von mir noch eine Reihe von Versuchen über die Absorption der Phosphorsäure durch Erden angestellt worden.

Als Absorptions-Flüssigkeit diente eine Lösung von phosphorsaurem Natron. Als Versuchserde wurde zunächst die Erde, welche bei den Versuchen über die Absorption des Kalis 2c. angewandt worden war, benutzt; dann

noch eine Erde aus Holstein und zwei Erden aus Hinterpommern. Die Erde aus Holstein war, wie folgt, zusammengesetzt:

Mechanische Analyse.

Wasser	3,09
Organische Substanz	8,01
Kiessand	45,80
Staubsand	25,10
Abschlemmbares	17,90

Chemische Analyse.

	Wässeriger Auszug*):	Salzsaurer Auszug:
Eisenoxyd	0,00476	1,5504
Thonerde		1,2815
Kalkerde	0,00392	0,4376
Magnesia	0,00497	0,2436
Kohlensaure Kalkerde	—	0,2280
Kali	0,00360	0,1089
Natron	0,02104	0,1662
Phosphorsäure	—	0,1373
Schwefelsäure	0,00058	0,0714
Chlor	0,00222	—
Lösliche Kieselsäure	0,00672	0,1556
Thon	—	13,4712
Sand	—	71,0000
		100,0000

Die beiden Erden aus Hinter-Pommern hatten folgende Zusammensetzung:

	I.	II.
Wasser	26,700	4,000
Organische Substanz	nicht bestimmt	nicht bestimmt
Eisenoxydul, Eisenoxyd Thonerde u. Phosphorsäure	1,908	2,653
Kohlensaurer Kalk	42,016	6,450
do. Magnesia	2,454	1,460
Schwefelsaurer Kalk	0,190	0,130
Lösliche Kieselsäure, Alkalien und Chlor	nicht bestimmt	nicht bestimmt
Sand und Thon	23,000	84,200

100 Grm. der betreffenden Erde wurden zunächst, wie bei meinen früheren Versuchen, mit so viel Wasser, wie ihrer wasserhaltenden Kraft entsprach, getränkt, dann mit 100 Ccm. der betreffenden Lösung von phosphorsaurem Natron übergossen, das Ganze gut umgerührt und 24 Stunden lang stehen gelassen; darauf die Flüssigkeit abgegossen und in derselben die Phosphorsäure bestimmt. Diese Lösungen waren alle mehr oder weniger

*) Der wässerige Auszug war aus 500 Grm. Erde, welche mit 5000 Ccm. Wasser ausgezogen, hergestellt. Ich führe hier noch die Menge Wasser, welche zum Ausziehen benutzt wurde, an, da sich eine Erde durch Wasser nicht erschöpfen läßt. Siehe p. 45.

gefärbt und zwar um so gefärbter, je mehr Phosphorsäure absorbirt worden war. Da in demselben durch Ammoniak ein geringer Niederschlag von Humussubstanz stattfand, so geschah die Bestimmung der Phosphorsäure in der Art, daß die Lösung halbirt und die Hälfte mit Ammoniak allein versetzt wurde, dagegen die andere mit Ammoniak und schwefelsaurer Magnesia, der so viel Salmiak beigefügt war, daß Ammoniak keinen Niederschlag hervorbrachte. Nach der Filtration, dem Trocknen und dem Glühen wurde dann das durch Ammoniak Gefällte — dessen Menge nur 0,0003—0,0025 betrug — von dem Gewichte der phosphorsauren Magnesia abgezogen. Die Resultate dieser Versuche zeigt folgende Tabelle.

Tabelle 27.

Bezeichnung der Erde:	Stärke der Lösung. Grm.	Menge der in Lösung gebliebenen Phosphorsäure. Grm.	Menge der absorbirten Phosphorsäure. Grm.
Erde vom Eldenaer Versuchsfelde	0,6698	0,4611	0,2087?
" " "	0,3349	0,2540	0,0809
" " "	0,06698	0,04976	0,01722
" " "	0,4432	0,2509	0,1923
" " "	0,4432	0,2574	0,1858
" " "	0,8864	0,5460	0,3404
Erde aus Holstein	0,8864	0,3786	0,5078
" " "	0,4432	0,1693	0,2739
" " "	0,08864	0,03341	0,05523
Erde aus Hinter-Pommern I.	0,8864	0,2846	0,6018
" " " II.	0,8864	0,3355	0,5509

Den Einfluß, welchen die Zeit der Berührung zwischen Erde und Lösung auf die Absorption ausübt, zeigt nachfolgende Tabelle, p. 256, zu der ich nur noch zu bemerken habe, daß das Verfahren bei den Versuchen, deren Resultate auf ihr verzeichnet, ebenso war, wie bei den vorigen.

Um ferner den Einfluß, welchen die in Chlorwasserstoffsäure löslichen Bestandtheile der Erde auf die Absorption der Phosphorsäure ausüben, zu ermitteln, stellte ich folgende Versuche an.

Ein Theil der Erde vom Eldenaer Versuchsfelde wurde eine Stunde lang in der Wärme mit Salzsäure digerirt, dann mit Wasser so lange ausgewaschen, bis alle Chlorwasserstoffsäure entfernt, darauf getrocknet und mit derselben ebenso, wie bei den früheren Versuchen verfahren. Zeit der Berührung war 24 Stunden; hierbei stellten sich folgende Resultate heraus:

Tabelle 28.

Bezeichnung der Erde.	Stärke der der Lösung. Grm.	Zeitdauer der Berührung. Stunden.	Menge der in Lösung gebliebenen Phosphors. Grm.	Menge der absorbirten Phosphors. Grm.
Erde vom Eldenaer Versuchsfelde	0,6698	1	0,5530	0,1368
" "	0,6698	24	0,4611	0,2087?
" "	0,6698	120	0,4412	0,2286
" "	0,3349	1	0,2713	0,0636
" "	0,3349	24	0,2540	0,0809
" "	0,06698	1	0,05195	0,01503
" "	0,06698	24	0,04976	0,01722

Stärke der Lösung.	Gelöst gebliebene Phosphorsäure.	Absorbirte Phosphorsäure.
0,3349	0,3174	0,0175
0,3349	0,31764	0,01725

Die mit Chlorwasserstoffsäure extrahirte Erde hat somit ihr Absorptions-Vermögen für Phosphorsäure bedeutend verloren. Durch dieselbe waren aus der Erde von den für die Absorption der Phosphorsäure wichtigen Stoffen: Eisenoxyd, Thonerde, Kalkerde und Magnesia, entfernt worden. Um noch mehr den Einfluß, welchen diese Basen auf die Absorption ausüben, zu untersuchen, wurden 100 Grm. der rohen Erde zunächst entweder mit einer Lösung von Kalkwasser, oder mit einer Lösung von Eisenchlorid und Alaun zusammengebracht*), mit derselben 24 Stunden lang in Berührung gelassen, dann die betreffende Lösung soweit als möglich abgezogen, und diese Erde, welche aus den genannten Lösungen eine gewisse Menge der betreffenden Basis resp. Basen absorbirt hatte, mit 100 Ccm. der Lösung von phosphorsaurem Natron übergossen und weiter wie früher behandelt. Die Resultate dieser Versuche zeigt nachfolgende Tabelle.

Tabelle 29.

Die Erde war behandelt mit: 100 Ccm.	In 100 Ccm. war an Basis. Grm.	Davon absorbirt. Grm.	Stärke der Phosphorsäurelös. Grm.	In der Lösung blieb an Phosphorsäure gel. Grm.	Es wurde somit an Phosphorsäure abs. Grm.
Kalkwasser	0,1333	0,1174	0,4432	0,2368	0,1964
do.	0,1333	0,1192	0,8864	0,4844	0,4020**)
Eisenchloridlösung	0,3160	0,0957	0,4432	0,1437	0,2995
Eisenchlorid und Alaunlösung	0,1580 } 0,018 }	0,0861	0,4432	0,1546	0,2886
Rohe Erde	—	—	0,4432	0,2574	0,1858

*) Der Versuch mit Alaunlösung mißglückte und konnte, da die betreffende Erde verbraucht war, nicht wiederholt werden.

**) Dieser Versuch wurde im Trichter gemacht.

Folgerungen.

1) Alle bis jetzt in ihrem Verhalten zu Lösungen von phosphorsauren Salzen untersuchten Erden zeigten das Vermögen, denselben — je nach ihrer Zusammensetzung — mehr oder weniger Phosphorsäure zu entziehen, weshalb mit Sicherheit geschlossen werden kann, daß diese Eigenschaft allen Erden eigen ist.

2) Stärkere Lösungen werden absolut mehr erschöpft als schwächere, jedoch wird letzteren relativ mehr Phosphorsäure entzogen.

3) Die Zeitdauer der Berührung zwischen Erde und Lösung ist für die Absorption nicht sehr wesentlich.

4) Keine Erde erschöpft eine Lösung vollständig; es bleibt vielmehr auch bei den verdünntesten Lösungen stets noch eine gewisse Menge Phosphorsäure in Lösung.

5) Eine Vermehrung des Gehalts einer Erde an Eisenoxyd, Thonerde und Kalkerde durch Absorption der betreffenden Basen erhöht das Absorptions-Vermögen der Erde für Phosphorsäure.

§. 101.

8. Für Schwefelsäure und Chlor.

Was das Verhalten der Schwefelsäure und des Chlors bei der Absorption anbetrifft, so zeigen die Arbeiten von Way, Henneberg und Stohmann, von Liebig und Peters, daß diese beiden Körper vollständig in der Lösung verbleiben. In Betreff der Schwefelsäure bin ich dagegen bei meinen Versuchen mit schwefelsaurem Kali und schwefelsaurer Magnesia zu einem anderen Resultate gelangt; bei denselben fand ich nämlich, wie die beifolgenden Zahlen zeigen, daß zwar der größere Theil der Schwefelsäure gelöst blieb, daß aber der kleinere Theil von der Erde zurückgehalten werde. Von den in folgender Tabelle angeführten Zahlen bemerke ich noch, daß dieselben meistens Mittelzahlen aus je 2 Versuchen sind.

Name der Verbindung der Schwefelsäure.	Stärke der Lösung in 100 Ccm. Grm.	In der Lösung blieben.	Somit wurden von 100 Grm. Erde an Schwefelsäure absorbirt.
Schwefelsaure Magnesia	3,6485	2,7782	0,8703
	1,8242	1,3641	0,4601
	1,8242	1,4075	0,4167
	0,7297	0,5738	0,1559
	0,36485	0,2631	0,10175
Schwefelsaures Kali	0,8574	0,6686	0,1888

§. 102.

9. Salpetersäure.

Das Verhalten der Salpetersäure in Betreff der Absorption wurde von W. Knop im Verein mit W. Wolf, Lehmann, Schreber und Sachsze geprüft.

Zur Bestimmung der Salpetersäure wurde die Methode von Fr. Schulze etwas modificirt angewandt; es war nämlich von Wolf gefunden worden, daß ein einfaches galvanisches Element aus Zink und Eisen in einer Lösung von 1 Theil Aetznatron in 7 bis 8 Theilen Wasser die Reduction der Salpetersäure in Ammoniak vollkommen bewirkt. Nach dieser Reduction der Salpetersäure in Ammoniac wurde dann das Ammoniak vermittelst bromirter Lösung von unterchlorigsaurem Natron zerlegt und der sich so entwickelte Stickstoff dem Volumen nach bestimmt. In der folgenden Tabelle, in welcher Knop die Resultate der Versuche zusammengestellt hat, bedeutet A. die Erdmengen, B. die in einem Bruchtheile der ganzen Flüssigkeit wiedergefundenen Mengen Salpetersäure, nachdem dieselbe einige Zeit auf die Erden eingewirkt hat. C. die nach dem Gehalte von 12,4 Ccm. Stickgas von 0° pro 10 Ccm. Salpetersäure plus der in der Erde von Natur enthaltenen Mengen derselben Säure; D. die Summe der in Spalte C. angegebenen Zahlen; sie drückt diejenige Menge Salpetersäure aus, welche man für den Fall hätte wiederfinden müssen, daß die Erde gar keine Salpetersäure zurück behielt und die Bestimmung ganz fehlerfrei auszuführen wäre. Die Versuche 1 bis 16 sind mit Salpetersäure und die von 16 bis 22 mit salpetersaurem Kali anstellt.

Aus diesen Versuchen, sagt Knop, ergiebt sich mit Sicherheit, daß die salpetersauren Salze, die mit Flüssigkeiten in die Ackererde gelangen und ebenso, daß freie Salpersäure mit der man eine Erde auszieht, ganz und gar wieder ausgewaschen werden können.

	A. Grm.	B. Ccm.	C. Ccm.	D. Ccm.	
1. Ackererde	1000	10,3	9,0+1,6	10,6	Knop.
2. "	2000	10,0	9,0+3,3	12,3	Knop.
3. "	100	4,8	4,9+0,2	5,1	Schreber.
4. "	100	4,3	4,9+0,2	5,1	Sachsze.
5. "	100	3,7	3,1+0,2	3,3	Lehmann
6. "	100	3,7	3,1+0,2	3,3	derselbe.
7. "	600	12,8	12,4+0,0	12,4	Wolf.
8. "	500	15,0	12,4+0,0	12,4	derselbe.
9. Moorerde	500	14,0	12,4+0,0	12,4	derselbe.
10. "	100	9,4	10,3+0,5	10,8	Schreber.
11. "	100	3,7	3,1+1,2	4,3	Lehmann.
12. "	100	4,3	3,1+1,2	4,3	derselbe.
13. "	100	3,2	5,0+1,0	6,0	Knop.
14. Russische Schwarzerde	100	5,0	5,0+0,1	5,1	derselbe.
15. "	500	3,4	5,0+0,3	5,3	derselbe.
16. Ackererde	100	4,0	3,1+0,2	3,3	Lehmann.
17. "	100	6,4	6,2+0,1	6,3	Sachsze.
18. "	100	13,4	12,4+0,5	12,9	derselbe.
19. "	200	12,8	12,4+0,4	12,8	Wolf.
20. "	500	12,0	12,4+1,1	13,5	derselbe.
21. Moorerde	100	11,0	12,4+3,0	15,4	Sachsze.
22. "	500	59,0	62,0+0,0	62,0	Wolf.

Ferner stellte Knop noch einige Versuche mit salpetersaurem Ammoniac, wozu die eben genannten Erden dienten, an, und fand hier, daß das salpetersaure Ammoniak in humusarmen, thonreichen und in humusreichen Boden in wenig Tagen zersetzt wird: die Salpetersäure an Mineralbasen gebunden tritt in Lösung, und das Ammoniak, wenn seine Menge weniger beträgt, als die Erde zu binden vermag, geht vollständig an letztere über und wird in derselben durch Flächen-Attraction zurückgehalten.

II. Verhalten der absorbirten Stoffe gegen Wasser.

§. 103.

Nachdem wir jetzt die Fakta, welche über das Absorptions-Vermögen des Bodens gegen die einzelnen Pflanzennährstoffe vorliegen, besprochen haben, kommen wir zu der für die Physiologie so außerordentlich wichtigen Frage: Wie verhalten sich die von einer Erde absorbirten Stoffe gegen die lösende Kraft des Wassers? In Folgendem werde ich die Untersuchungen, welche hierüber bis jetzt

gemacht sind, in ähnlicher Weise zusammenstellen, wie ich es im vorigen Abschnitte mit den Versuchen über die Absorption selbst versucht habe

1. Verhalten des Wassers gegen das von dem Boden absorbirte Ammoniak.

Die ersten Versuche hierüber verdanken wir Brustlein, Henneberg und Stohmann.

Brustlein stellte diese Versuche zugleich mit denjenigen an, welche ich im ersten Abschnitte beschrieben habe und verfuhr hierbei in der Art, daß er eine Erde, nachdem sie aus einer Ammoniaklösung eine bestimmte Menge Ammoniak absorbirt hatte, mit einer dem Maße nach bekannten Menge Wasser eine bestimmte Zeit zusammenbrachte, dann dieses mit dem von demselben Gelösten abnahm, eine neue Quantität Wasser hinzubrachte und so weiter fort.

Brustlein erhielt folgende Resultate:

39 Grm. Erde, welche 0,0146 Grm. Ammoniak absorbirt hatten, gaben an Ammoniak ab:

1) an die 1. 500 Ccm. Wasser innerhalb einiger Stunden	0,00372 Grm.
2) „ „ 2. 500 „ in 24 Stunden	0,00327 „
3) „ „ 3. 500 „ „ 24 „	0,00163 „
Somit lösten also 1500 Ccm. Wasser	0,0086 Grm.

Ammoniak von den 0,0146 Grm., welche die Erde absorbirt hatte.

Bei einem zweiten Versuche, wo 50 Grm. Erde von Bechelbronn aus einer Salmiaklösung 0,003 Grm. Ammoniak absorbirt hatten, lösten:

1) 100 Ccm. Wasser (Zeit nicht angegeben)	0,00084 Grm. Ammoniak
2) 250 „ „ (do.)	0,00089 „ „ und
3) 500 „ „ (do.)	0,00120 „ „
Somit also 850 Ccm.	0,00293 Grm. Ammoniak.

Ferner gaben 50 Grm. von Mittelhausbergen, welche 0,003 Grm. absorbirt hatten, an 100 Ccm. Wasser 0,0014 Grm. Ammoniak ab.

Die Versuche von Henneberg und Stohmann wurden in der Art ausgeführt, daß man beim ersten Versuche 100 Grm. Erde mit 200 Ccm. Salmiaklösung, welche 0,693 Ammoniak enthielt, im verschlossenen Cylinder 24 Stunden lang stehen ließ, dann mit der Pipette 100 Ccm. der Lösung abhob, diese durch 100 Ccm. reines Wasser ersetzte, nach 24 Stunden wieder 100 Ccm. von der im Cylinder befindlichen Lösung abhob und durch 100 Ccm. Wasser ersetzte und so fort fünf Mal. Die 100 Grm. Erde hatten aus den 200 Ccm. Salmiaklösung 0,112 Grm. Ammoniak absorbirt. Da 100 Ccm. der Lösung abgehoben wurden, so waren somit in der mit der Erde in Berührung gelassenen Lösung noch 0,2903 Ammoniak zurückgeblieben. Wäre von dem Wasser kein Ammoniak aufgelöst worden, so hätten in den zum 2. Male abgehobenen 100 Ccm. 0,145 Grm. Ammoniak enthalten sein müssen, statt dessen wurden aber 0,150 Grm. gefunden, somit waren von den hinzugefügten 100 Ccm. Wasser 0,005 Grm. Ammoniak aufgelöst. Wenden wir eine ähnliche Rechnung bei jedem

späteren Versuche an, so ergiebt sich, daß die Erde an das Wasser folgende Mengen von Ammoniak abgegeben hat:

An die 1.	200 Ccm.	0,010 Grm.
„ 2.	„	0,009 „
„ 3.	„	0,014 „
„ 4.	„	0,011 „
„ 5.	„	0,009 „
somit im Ganzen		0,053 Grm.

Bei einer zweiten Versuchsreihe, die in ähnlicher Weise angestellt, nur daß 100 Grm. Erde mit 400 Ccm. der Salmiaklösung zusammengebracht, nach 24 Stunden 200 Ccm. Flüssigkeit, die durch 200 Ccm. Wasser ersetzt, abgehoben wurden und so fort, erhielten Stohmann und Henneberg folgende Zahlen:

Die 1.	400 Ccm.	löſten	0,012	Grm.	Ammoniak
„ 2.	„	„	0,012	„	„
„ 3.	„	„	0,010	„	„
und „ 4.	„	„	0,009	„	„
zusammen also			0,043	Grm.	Ammoniak.

Ferner sind von Völcker mehrere interessante Versuche angestellt worden.

Zu diesen Versuchen diente die Erde Nr. 6. 1740 Grs. derselben wurden in einer gut verschließbaren Flasche mit 7000 Grs. einer Ammoniaklösung, welche auf 1000 Grs. 2,777 Grs. Ammoniak enthielten, 3 Tage lang in Berührung gelassen. Nach Verlauf dieser Zeit wurde die klare Lösung, die 4916 Grs. betrug, abgezogen und der Ammoniakgehalt derselben bestimmt. Die Analyse zeigte, daß die 1750 Grs. Erde der Lösung 4,655 Grs. Ammoniak entzogen hatten. Zu dem Rückstande in der Flasche wurden alsdann 7000 Grs. Wasser gesetzt, gut umgeschüttelt und nach drei Tagen wieder die klare Lösung abgezogen und dies im Ganzen siebenmal wiederholt.

Folgendes waren die Resultate dieser Versuche:

Die 1.	7000 Grs.	Wasser	löſten	0,236	Grs.	absorbirtes	Ammoniak auf.
„ 2.	„	„	„	0,642	„	„	„
„ 3.	„	„	„	0,610	„	„	„
„ 4.	„	„	„	0,622	„	„	„
„ 5.	„	„	„	0,120	„	„	„
„ 6.	„	„	„	0,193	„	„	„
„ 7.	„	„	„	0,221	„	„	„
somit die	49000 Grs.	Wasser		2,651	Grs.	absorbirtes	Ammoniak.

Im Boden waren daher noch 2,004 Grs. Ammoniak zurückgeblieben.

Ferner stellte Völcker noch zwei ähnliche Versuchsreihen an; bei der ersten derselben hatten 1750 Grs. Erde aus 7000 Grs. Lösung von schwefelsaurem Ammoniak, welche auf 1000 Grs. 2,696 Grs. Ammoniak enthielt, 4,782 Grs. absorbirt (hierzu diente der Boden Nr. 1); bei der zweiten, zu welcher der Boden Nr. 6. benutzt wurde, hatten 1750 Grs. Erde aus 7000 Grs. einer Salmiaklösung, welche auf 1000 Grs. 3,02 Grs. Ammoniak enthielt, 5,60 Grs. absorbirt. Nachdem diese Erden die genannten Mengen Ammoniak absorbirt hatten, wurden sie in ähnlicher Weise, wie die erste Erde,

mit 7000 Grs. Wasser 5 resp. 4 mal behandelt; hierbei stellten sich folgende Resultate heraus: Je 7000 Grs. Wasser lösten aus den Erden folgende Mengen auf:

	Erde 1.	Erde 6.	
Die 1. 7000 Grs. Wasser	0,278	0,409	Grs. Ammoniak.
„ 2. „ „ „	0,633	— 0,646	„ „
„ 3. „ „ „	0,813	— 0,811	„ „
„ 4. „ „ „	0,416	— 0,499	„ „
„ 5. „ „ „	0,242	—	„ „
	2,382	— 2,365	Grs. Ammoniak.

Also hatten 35000 Grs. Wasser aus der ersten Erde von dem aus 7000 Grs. Lösung absorbirten Ammoniak 2,382 Grs. aufgelöst und 2,49 Grs. waren noch im Boden geblieben. Bei der zweiten Erde hatten 28000 Grs. Wasser 2,365 Grs. aufgelöst und vom Boden waren noch 3,255 Grs. zurückgehalten worden.

§. 104.

2. Verhalten von Wasser u. s. w. gegen das vom Boden absorbirte Kali.

Ueber das Verhalten von Lösungsmitteln gegen absorbirtes Kali liegt eine sehr interessante Reihe von Versuchen von Peters vor. Derselbe prüfte nicht nur das Verhalten des Wassers, sondern auch das des kohlensäurehaltigen Wassers, das der verdünnten Essigsäure, verdünnten Salzsäure, und verschiedener Salze gegen absorbirtes Kali.

Die ersten Versuche — über das Verhalten des Wassers — wurden in der Art ausgeführt, daß 100 Grm. Erde mit 250 Ccm. einer Lösung von Chlorkalium, 0,5888 Grm. Kali im Liter enthaltend, 24 Stunden lang macerirt, darauf 125 Ccm. der Flüssigkeit abgenommen und durch ebensoviel Wasser ersetzt wurden. Dies Abnehmen von 125 Ccm. und Ersetzen durch Wasser wurde dann noch siebenmal wiederholt. In den Auszügen wurde von Peters die Menge des gelösten Kalis, Natrons, Kalkes, und der Magnesia bestimmt. Ich führe hier nur die Menge des jedesmal durch 250 Ccm. Wasser gelösten Kalis an.

Dieser Versuch wurde von Peters mit der bei seinen früheren Versuchen beschriebenen Erde zweimal gemacht, die Resultate waren:

Im 2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10. Auszuge.
0,0048	0,0075	0,0070	0,0076	0,0078	0,0105	0,0083	0,0087	0,0102
0,0075	0,0096	0,0082	0,0069	0,0075	0,0082	0,0112	0,201?	0,0083

Beim 1. Versuche waren somit 0,0724 Grm. Kali von den absorbirten 0,1937 Grm. Kali und beim 2. 0,0875 von den absorbirten 0,2114 Grm. Kali gelöst.

Darauf machte Peters vier Versuche, durch welche ebenfalls die lösende Kraft des Wassers gegen absorbirtes Kali dargethan werden sollte, welche aber in der Art angestellt wurden; daß 100 Grm. Erde in einem Trichter auf ein Filter gebracht und hier mit 250 Ccm. Chlorkaliumlösung übergossen wurden. Der Trichter war oben mit einer Glasplatte und unten mit einer Kautschuckröhre und Quetschhahn verschlossen.

Nach 24 Stunden wurde filtrirt, das Filtrat durch Nachspülen mit Wasser (63 Ccm.) auf 250 Ccm. und diese Flüssigkeit nochmals durch die Erde filtrirt. Dann wurden 250 Ccm. auf den Trichter gebracht und nach 24 Stunden ebenso wie vorher verfahren; letzteres wurde mehrere Male wiederholt, wodurch sechs Auszüge entstanden; Erde und Stärke der Absorptions-Flüssigkeit, wie bei den obigen Versuchen. Die Resultate der vier Versuche, wobei jedesmal die erhaltenen Zahlen auf 250 + 63 = 313 Ccm. berechnet sind, habe ich in folgender Tabelle zusammengestellt und in derselben auch die außer dem Kali gelösten Basen mit aufgeführt.

	Kalkerde. Grm.	Magnesia. Grm.	Kali. Grm.	Natron. Grm.	Absorbirtes Kali. Grm.	Wiedergelöstes Kali. Grm.
Im 1. Auszuge	0,1200	0,041	0,3758	0,0478	0,2130	—
„ 2. „	0,0569	0,0022	0,0878	0,0111	0,2008	0,0122
„ 3. „	0,0155	0,0007	0,0308	0,0075	0,1877	0,0139
„ 4. „	0,0035	—	0,0171	0,0029	0,1767	0,0109
„ 5. „	0,0023	—	0,0103	0,0011	0,1673	0,0094
„ 6. „	0,0015	—	0,0113	0,0002	0,1586	0,0087
						0,0551

Ferner prüfte Peters das Verhalten von kohlensäurehaltigem Wasser gegen gewöhnliche Erde, gegen Erde mit 0,1535 Grm. absorbirtem Kali und gegen Erde mit 0,1226 Grm. absorbirtem Kali, indem die Erden mit der fünffachen Menge mit Kohlensäure gesättigtem Wasser 8 Tage lang in verschlossenen Flaschen digerirt und während dieser Zeit das Wasser vielmal von Neuem mit Kohlensäure einprägnirt wurde. Dieselben Erden wurden außerdem noch mit verdünnter Essigsäure (1 Theil auf 2 Theile Wasser), und zwar dem Achtfachen ihres Gewichtes, ausgezogen und fernerhin mit verdünnter Salzsäure in der Wärme digerirt. Für die beiden letzten Versuche wurde außer den drei genannten Erden noch eine mit 0,20396 Grm. absorbirtem Kali genommen. Jeder Versuch wurde bei jeder Erde zweimal angestellt und im Filtrat das gelöste Kali und Natron, sowie die Kalkerde und Magnesia bestimmt. Die nachstehende Tabelle p. 264 zeigt die Mittelzahlen der Resultate.

Schließlich verdanken wir Peters noch die interessante Untersuchung über das Verhalten verschiedener Salzlösungen gegen rohe Erde und gegen Erde mit 0,20396 absorbirten Kali.

		Kalkerde.	Magnesia.	Kali.	Natron.
Kohlensäurehaltiges Wasser löste aus 100 Grm.	von gewöhnlicher Erde.	0,1490	0,0060	0,0088	0,0032
	von Erde mit 0,1535 abs. Kali.	0,0828	0,0030	0,0466	0,0020
	von Erde mit 0,1226 abs. Kali.	0,0911	0,0072	0,0518	0,0020
Verdünnte Essigsäure löste aus 100 Grm.	von gewöhnlicher Erde.	0,3290	0,0066	0,0355	0,0270
	von Erde mit 0,1535 abs. Kali.	0,2817	0,0069	0,1047	0,0170
	von Erde mit 0,1226 abs. Kali.	0,2851	0,0032	0,1010	0,0172
	von Erde mit 0,20396 abs. Kali.	0,2212	0,0060	0,1291	0,0083
Verdünnte Salzsäure löste aus 100 Grm.	von gewöhnlicher Erde.	0,3528	0,0154	0,0636	0,0510
	von Erde mit 0,1535 abs. Kali.	0,02648	0,0108	0,2138	0,0366
	von Erde mit 0,1226 abs. Kali.	0,2820	0,0088	0,1906	0,0342
	von Erde mit 0,20396 abs. Kali.	0,2072	0,0096	0,2628	0,0244

Hierbei wurden 100 Grm. Erde mit 250 Ccm. der Auflösung des betreffenden Salzes 3 Tage lang digerirt und dann die Flüssigkeit untersucht. Die Resultate dieser Arbeiten zeigt die Tabelle S. 265.

Zum Schlusse führe ich noch einen von mir über die lösende Wirkung des Wassers auf das von einer Erde absorbirte Kali gemachten Versuch an.

100 Grm. Erde wurden, nachdem sie mit Wasser gesättigt waren, mit 100 Ccm. einer Kalilösung übergossen. Nach 24 Stunden wurde die Lösung abgehoben und auf ihren Kaligehalt geprüft. Das Filtrat betrug 99 Ccm., zur Bestimmung des Kalis dienten 25 Ccm., in denen 0,19169 Grm. Kali gefunden wurden; 100 Ccm. der Lösung hatten also noch 0,7657 Grm. und es waren also, da die Kalilösung 1,0157 Grm. enthalten hatte, vom Boden 0,2500 Grm. absorbirt worden. Auf diese Erde wurden 200 Ccm. Wasser gegossen, das Ganze gut umgerührt und 24 Stunden stehen gelassen; dann die Lösung, welche gleich 190 Ccm. war, abgehoben, von Neuem 200 Ccm. Wasser hinzugebracht und wie vorher behandelt. Das Filtrat gleich 196 Ccm. Von der ersten Lösung wurden 20 Ccm. zur Bestimmung des Kalis benutzt und in denselben eine Kalimenge gefunden, welche auf 201 Ccm. berechnet, gleich 0,0951 Grm. war. Da von der ursprünglichen Lösung, welche in 100 Ccm. 0,7657 Grm. Kali enthielt, 1 Ccm. bei der Erde verblieben war, so hätten in der Lösung 0,00766 Grm. enthalten sein müssen, wenn das Wasser nicht lösend auf das von der Erde absorbirte Kali ein-

	Name des angewandten Salzes und dessen Gehalt an Basis.	Kalkerde. Grm.	Magnesia Grm.	Kali. Grm.	Natron. Grm.	Ammoniak. Grm.	Von der Basis des betreffenden Salzes wurde absorbirt. Grm.
100 Grm. rohe Erde gaben an 250 Ccm.	Chlornatrium mit 0,3609 Grm. Natron	0,0420	—	0,0328	0,3393	—	0,0270
	Salpeters. Natron mit 0,2803 Grm. Natron	0,0388	—	0,0251	0,2500	—	0,0308
	Chlorammonium mit 0,2211 Grm. Ammoniak	0,0784	—	0,0251	0,0063	0,1716	0,0495
	Salpeters. Ammoniak mit 0,2165 Grm. Ammoniak	0,0756	—	0,0251	0,0063	1,0687	0,0478
	Chlorcalcium mit 0,3182 Grm. Kalkerde	0,3024	0,0215	0,0270	0,0070	—	0,0158
	Salpeters. Kalkerde mit 0,2996 Grm. Kalkerde	0,2800	0,0195	0,0289	0,0083	—	0,0196
	Chlormagnesium mit 0,2120 Grm. Magnesia	0,0896	0,1897	0,0231	0,0137	—	0,0223
	Salpeters. Magnesia mit 0,2317 Grm. Magnesia	0,0924	0,2062	0,0211	0,0192	—	0,0255
1000 Grm. mit 0,30366 absorbirten Kali gaben an 250 Ccm.	Chlornatrium	0,0350	0,0006	0,1147	0,2988	—	0,0621
	Salpeters. Natron	0,0671 ?	0,0006	0,0983	0,2197	—	0,0611
	Chlorammonium	0,0324	-	0,1474	0,0008	0,1613	0,0598
	Salpeters. Ammoniak	0,0322	—	0,1455	0,0024	0,1596	0,0569
	Chlorcalcium	0,2674	0,0018	0,1290	0,0157	—	0,0508
	Salpeters. Kalkerde	0,2380	0,0020	0,1252	0,0252	—	0,0616
	Chlormagnesium	0,0574	0,1509	0,1281	0,0182	—	0,0611
	Salpeters. Magnesia	0,0542	0,1726	0,1224	0,0245	—	0,0591
	Destillirtes Wasser	Spur	—	0,0434	0,0004	—	—

Gehalt der Lös. an Basis, wie oben.

gewirkt hätte. Die Lösung enthielt aber 0,0951 Grm., somit waren von den 201 Grm. Wasser 0,0951—0,00766 = 0,08744 Grm. Kali gelöst worden. Nach dem 2ten Aufgießen und Abheben zeigte das Filtrat einen Kaligehalt von 0,03059. Die beim ersten Abgießen zurückgebliebenen 11 Ccm. enthielten aber nur 0,00523 Grm. Kali, somit waren von dem Wasser 0,03059 — 0,00523 = 0,02536 Grm. Kali aufgelöst. Da bei diesem Ver-

suche außer dem Kali noch die Menge der gelösten Kalkerde und Magnesia bestimmt wurde, so sind die Resultate desselben in Folgendem kurz zusammengestellt: Nach der Absorption von 0,250 Grm. Kali befanden sich in Lösung:

	Kali.	Kalkerde.	Magnesia.
	0,7657.	0,0045.	0,0022.
Die ersten 200 Ccm. Wasser,	0,0874.	0,0016.	0,0006.
Die zweiten 200 Ccm. Wasser	0,0254.	0,0005.	Spuren.

§. 105.

3. Verhalten des Wassers gegen das vom Boden absorbirte Natron und die absorbirte Kalkerde.

Ueber das Verhalten des Wassers gegen absorbirtes Natron und absorbirte Kalkerde liegen bis jetzt keine direkten Versuche vor, jedoch lassen die Versuche, welche bis jetzt über die andern Pflanzennährstoffe gemacht sind, vor Allem die umfassende Arbeit von Peters, den sicheren Schluß zu, daß diese beiden Basen sich in dieser Beziehung ebenso verhalten, wie die übrigen.

§. 106.

4. Verhalten des Wassers gegen die vom Boden absorbirte Magnesia.

In Betreff der Magnesia ist von mir ein Versuch gemacht worden.

100 Grm. mit Wasser gesättigte Erde wurde mit 100 Ccm. einer Lösung von schwefelsaurer Magnesia, welche 1,819 Grm. Magnesia enthielt, übergossen, das Ganze gut umgerührt und dann nach 24 Stunden 95 Ccm. der Lösung abgezogen und untersucht. In 100 Ccm. der Lösung waren, wie die Analyse zeigte, 1,3696 Grm. Magnesia, somit vom Boden 0,4494 Grm. absorbirt. Zu dieser Erde wurden darauf 200 Ccm. Wasser gesetzt, das Ganze ebenfalls gut umgeschüttelt und dann nach 24 Stunden 190 Ccm. abgehoben und untersucht. Von der ersten Lösung waren bei der Erde 5 Ccm. zurückgeblieben; die Menge der Magnesia in dieser Lösung betrug, wie oben gezeigt, nach der Absorption 1,3696 Grm., also in 5 Ccm. 0,06848, welche bei der Erde verblieben waren und die auch nur in der Lösung hätten gefunden werden können, wenn das Wasser nicht lösend auf die Erde eingewirkt hätte. In der Lösung fanden sich aber 0,09118 Grm. Magnesia, somit waren von den 200 Ccm. Wasser, 0,0225 Grm. Magnesia aufgelöst worden. Darauf wurden zum zweiten Male 200 Ccm. Wasser zur Erde gebracht, wieder tüchtig umgerührt und 24 Stunden in Berührung gelassen. Im Filtrat, welches gleich 216 Ccm. war, wurden

0,02179 Grm. Magnesia gefunden. Von der letzten Filtration waren bei der Erde 15 Ccm. geblieben, und in diesem waren an Magnesia 0,00682 Grm. Da sich in der neuen Lösung aber 0,02179 Grm. Magnesia vorhanden, so waren von den 201 Ccm. Wasser 0,01497 Grm. Magnesia aufgelöst worden. In den einzelnen Filtraten waren außer der Magnesia noch die Kalkerde und Schwefelsäure bestimmt worden.

§. 107.

Folgerungen.

1. Die Basen werden bei der Absorption nicht unlöslich, sondern nur schwerlöslich gemacht; reines Wasser vermag einen Theil derselben wieder aufzulösen.

2. Es ist aber eine viel größere Menge Wasser nothwendig, um die absorbirten Basen wieder aufzulösen, als die Menge beträgt, in der sie vor der Absorption gelöst waren; es ist somit die Kraft, mit welcher die Erde die absorbirte Basis zurückhält, weit größer als die, mit der sie es der Lösung entzieht.

§. 108.

5. Verhalten des Wassers gegen die vom Boden absorbirte Kieselsäure.

Ueber das Verhalten der Kieselsäure gegen Wasser liegen bis jetzt keine speciellen Versuche vor; trotzdem kann mit Sicherheit angenommen werden, daß sie sich in dieser Beziehung ebenso, wie die übrigen Körper verhalten wird, da wir ja aus den wässrigen Auszügen aus Erden — ich glaube sagen zu können stets — dieselbe antreffen; wenigstens habe ich sie bis jetzt in allen wässrigen Bodenauszügen, welche ich untersucht habe, und deren Zahl eine nicht unbedeutende ist, stets vorgefunden. Daß sich natürlich in den Auszügen, welche mit kohlensäurehaltigem Wasser, mit verdünnter Essigsäure und Salzsäure gemacht sind, eine noch größere Menge derselben befindet, ist selbstverständlich.

§. 109.

6. Verhalten des Wassers gegen die vom Boden absorbirte Phosphorsäure.

Ueber das Verhalten der von einer Erde absorbirten Phosphorsäure gegen die lösende Kraft des Wassers ist von mir ein Versuch gemacht.

In einem Trichter, welcher unten mit einem Kautschukrohr und Quetschhahn zu verschließen war, und in dem sich ein ganz kleines Filter von grobem Filtrirpapier befand, wurden 100 Grm. der Erde vom Eldenaer Versuchsfelde gebracht und, nachdem sie mit soviel Wasser, als sie zu fassen vermochten, imbibirt waren, mit 100 Ccm. einer Lösung von phosphorsaurem Natron, welche 0,4432 Grm. Phosphorsäure enthielt, übergossen. Die Lösung wurde einmal durchfiltrirt, darauf von Neuem auf die Erde gegossen, jetzt der Trichter unten mit dem Quetschhahn, oben mit einer Glasplatte verschlossen und mehrere Stunden lang stehen gelassen. Darauf wurde filtrirt und das Filtrat untersucht. Die Zeit der Berührung zwischen Erde und Lösung betrug im Ganzen 24 Stunden. In der Lösung, welche 100 Ccm. betrug, wurden 0,2509 Grm. Phosphorsäure gefunden, somit waren 0,1923 Grm. absorbirt worden. Auf diese Erde, welche also 0,1923 Grm. Phosphorsäure absorbirt hatte, wurden 200 Ccm. Wasser gegossen, einmal durch die Erde filtrit, von Neuem zu derselben gebracht und nach mehreren Stunden zum 2. Male filtrirt, so daß auch jetzt Erde und Wasser im Ganzen 24 Stunden in Berührung gewesen waren. Das Filtrat, welches gleich 200 Ccm. war, wurde dann auf Phosphorsäure geprüft und zu Erde wieder Wasser und zwar 150 Ccm. gebracht und wie vorher verfahren. Nach der letzten Filtration wurden nochmals 150 Ccm. Wasser aufgegossen und so weiter fort. Hierbei stellten sich folgende Resultate heraus:

Die Erde, welche aus 100 Ccm. Lösung an Phosphorsäure absorbirt hatte: 0,1923 Grm.,

gab an die	1. 200	Ccm. Wasser ab:	0,0955	"
" " "	2. 150	" " "	0,03246	"
" " "	3. 150	" " "	0,02037	"
" " "	4. 150	" " "	0,01527	"
somit an	650	" " "	0,16360	Grm.;

von der Erde waren somit noch 0,0287 Grm. Phosphorsäure zurückgehalten worden. Bei Wiederholung dieses Versuches wurden ganz ähnliche Resultate erhalten.

Folgerungen.

1) Wasser vermag die von einer Erde absorbirte Phosphorsäure wieder in Lösung überzuführen; jedoch bedarf es

2) einer bedeutend größeren Menge von Wasser, um die absorbirte Phosphorsäure wieder zu lösen, als die Menge desjenigen Wassers beträgt, aus welcher die Erde dieselbe absorbirt hatte.

III. Ursachen der Absorption.

A. Der Basen.

1. Die Erklärung von Way.

§. 110.

Für die Absorption der Basen durch den Boden sind bis jetzt mehrere Erklärungen gegeben worden. Way war der Erste, welcher

eine solche versuchte; er erklärte die Absorption für eine chemische, beruhend auf der Bildung von wasserhaltigen, kieselsauren Doppelsalzen, die aus kieselsaurer Thonerde und dem kieselsauren Salze der betreffenden absorbirten Basis beständen. Wenn also z. B. Kali absorbirt wird, so bildet sich im Boden eine Verbindung, welche aus kieselsaurer Thonerde, kieselsaurem Kali und Wasser besteht. Da aber dergleichen Verbindungen bis dahin noch nicht bekannt waren, so stellte Way dieselben dar.

1) Das Natronsilikat besteht nach ihm in 100 Theilen, nach Abzug von ungefähr 10 p.Ct. Wasser, aus:

52,41 Kieselsäure,
29,68 Thonerde,
17,91 Natron.

Das Salz ist in Wasser schwer löslich.

2) Das Kalksilicat enthält nach Abzug des Wassers, in 100 Theilen:

53,33 Kieselsäure,
30,21 Thonerde,
16,46 Kalkerde.

Es ist noch schwerer in Wasser löslich als das Natronsilikat.

3) Das Kalisilikat besteht nach Abzug des Wassers, in 100 Theilen aus:

47,97 Kieselsäure,
27,17 Thonerde,
24,86 Kali.

Es ist noch schwerer in Wasser löslich, als die beiden ersten Salze:

4) Das Ammoniaksilikat besteht, nach Abzug des Wassers, in 100 Theilen aus: 53,96 Kieselsäure,
30,57 Thonerde,
und 15,47 Ammoniumoxyd.

Dies Salz ist am schwersten in Wasser löslich.

5) Das Magnesiasilikat ist von Way noch nicht quantitativ untersucht worden.

In ähnlicher Weise, wie diese Salze künstlich dargestellt werden, sollen sie sich auch im Boden bilden, so daß, wenn z. B. das Natron- oder Kalksilikat im Boden befindlich ist, und Kali oder Ammoniak hinzutreten, diese die zuerst genannten Basen verdrängen und an deren Stelle treten.

Die Reihenfolge, welche hierbej die Basen einnehmen, ist folgende: Natron, Kalkerde, Kali und Ammoniak, so daß also das Natronsilikat durch Kalkerde, ersteres und das Kalksilikat durch Kali und diese beiden, sowie das Kalisilikat durch Ammoniak zersetzt werden. Ich muß noch bemerken, daß Way in derselben Arbeit später eine andere Reihenfolge und zwar folgende: Natron, Kali, Kalkerde, Magnesia und Ammoniak angiebt.

In Bezug auf die Löslichkeit dieser Salze, die, wie wir vorher gesehen haben, schwer löslich sind, führt Way noch an, daß zur Auflösung eines Theiles des Ammoniaksilikats 7000 Theile Wasser erforderlich sind, daß aber mit Kohlensäure gesättigtes Wasser

$2\frac{1}{2}$ mal so viel, eine Lösung von Chlornatrium in Wasser, die 1,97 p.Ct. davon enthält, 20mal so viel, ja eine Lösung mit nur 0,1 p.Ct. Chlornatrium 3,3mal so viel löse, als reines Wasser. Das Wasser löst aber das Silikat nicht vollständig auf, sondern aus dem Ammoniaksilikat wird z. B. nach Way nur kieselsaures Ammoniak ausgezogen.

Ueber diese Erklärung Way's sagt Liebig, nachdem er vorher Way Widersprüche in der Arbeit nachgewiesen hat: „die Ansicht des Herrn Way, daß die von ihm künstlich dargestellten Doppelsilikate von Thonerde mit Kalkerde und Kali natürlich vorkommende Bestandtheile der Ackererde seien, und daß auf ihrer Anwesenheit die Absorption des Ammoniaks aus den Ammoniaksalzen in Folge der Entstehung von Doppelsilikaten mit Ammoniak als alkalischer Basis beruhe, ist durch keine seiner Versuche, ebenso wenig, wie die Existenz von kieselsaurem Ammoniak, im entferntesten dargethan." — Auf die Erklärung von Way kommen wir später zurück.

2. Die Erklärung von Brustlein und Peters.

Eine andere Erklärung für die Absorption der Basen, zunächst für die des Ammoniaks, verdanken wir F. Brustlein, dessen Versuche über die Absorption des Ammoniaks wir besprochen haben. Diesen Forscher bezeichnet die Absorption des freien Ammoniaks als eine rein physikalische Erscheinung, abhängig von der physikalischen Beschaffenheit der mineralischen und auch organischen Stoffe, aus denen der Boden gebildet ist. Die Absorption des Ammoniaks aus seinen Salzen werde dagegen zunächst ermöglicht durch kohlensauren Kalk oder kohlensaure Magnesia im fein vertheilten Zustande, welche das betreffende Ammoniaksalz zerlegen; nach der Zerlegung sei alsdann die Absorption des so frei gewordenen Ammoniaks ebenfalls eine rein physikalische Erscheinung. Diese Erklärung begründet Brustlein, indem er zeigt, daß andere in ihrer chemischen Zusammensetzung von dem Boden ganz verschiedene Körper die Absorptions-Fähigkeit mit dem Boden theilen.

Er untersuchte nämlich Humuserde aus einer Eiche, Torf und Thierkohle auf ihre Absorptions-Fähigkeit und erhielt hierbei Resultate, aus denen sich ergiebt, daß die genannten Stoffe die Absorptions-Fähigkeit für freies Ammoniak mit dem Boden gemein haben; Humuserde, Torf und mit Salzsäure ausgezogene Thierkohle können jedoch aus einem Ammoniaksalze kein Ammoniak absorbiren; die Thierkohle anderseits erhält, nachdem sie kohlensauren Kalk im fein vertheilten Zustande aufgenommen, das Vermögen, eine nicht unbedeutende Menge Ammoniak aus Chlorammonium zu fixiren.

Aehnliche Versuche, mit ähnlichen Resultaten wie wir sie eben von Brustlein für das Ammoniak kennen gelernt haben, sind von Peters über die Absorption des Kalis angestellt worden.

Peters hat nämlich eine Reihe von Versuchen mit Holzkohlenpulver, welches mit ätherhaltigem Weingeist und mit verdünnter Salpetersäure ausgezogen, sehr lange ausgewaschen und sehr vorsichtig wieder getrocknet war, gemacht. Das Holzkohlenpulver wurde dann entweder rein, oder nachdem es mit doppelt kohlensaurem Kalk behandelt, angewendet.

Diese angestellten Versuche zeigen, daß die Absorptions-Fähigkeit des Bodens mit ihm noch andere Körper theilen, die in chemischer Beziehung ihm durchaus nicht gleich sind.

3. Rautenberg's erste Erklärung.

Dieser Ansicht entgegen erklärte darauf Rautenberg, daß die Absorption nur von dem Gehalte der Erde an Thonerde und Eisenoxyd abhängig sei, daß dagegen die übrigen Bodenbestandtheile, abgesehen von der chemischen Wirkung eines geringen Theils Kalkerde und Magnesia, sich indifferent verhalten. Zu dieser Erklärung der Ursachen der Absorption war Rautenberg durch die folgenden Versuche gelangt.

Bei diesen Versuchen operirte Rautenberg mit einer Chlorammonium-Lösung, welche im Liter 1,6525 Ammoniak enthielt, und prüfte das Verhalten derselben gegen 9 Ackererden, welcher einer genauen Analyse unterworfen waren. Bei jedem Versuche wurden 100 Grm. Erde mit 400 Ccm. der Lösung durch öfteres Umschütteln innig gemischt und 12 Stunden stehen gelassen. Die Resultate dieser Versuche sind auf folgender Tabelle p. 272 zusammengestellt.

4. Mulder's Ansicht über die Ursachen der Absorption.

In seiner Chemie der Ackerkrume bespricht ferner auch Mulder die Ursachen der Absorptions-Fähigkeit der Ackerkrume und tritt hierbei entschieden zu Gunsten der Way'schen Erklärung auf; er sagt unter Anderem an einer Stelle, wo er von der doppelten Zersetzung zwischen den Zeolithen und den im Boden aufgelösten Salzen spricht: „Es muß alsdann *) in vielen Fällen eine doppelte Zersetzung zwischen den Zeolithen und den Salz-

*) Mulder nimmt an, daß in einem guten Ackerboden Zeolithe — so bezeichnet er kurz die wasserhaltigen, kieselsauren Verbindungen des Bodens — enthalten sind und dies alsdann ist also zu lesen: Wenn derartige Zeolithe im Boden sind, so . . .

Fundort der Erde.	Absorbirte Menge an Ammoniak.	Gelöster Kalk.	Gelöste Magnesia.	Den Basen äquivalente Menge Ammoniak.	Zusammensetzung der Erde in 100 Theilen: Thonerde und Eisenoxid.	Kalkerde.	Magnesia.	Unlöslicher Rückstand.	Organische Substanz.	Thon.	Feiner Sand.	Grober Sand.	Wasserhaltende Kraft.
Rittmarshausen	0,0700	0,0730	0,0307	0,0510	4,83	0,27	0,47	89,74	3,48	38,4	40,4	18,7	48,2
Große Breite	0,0821	0,2236	0,0193	0,0922	3,22	26,21	1,39	44,03	6,29	23,2	44,7	30,1	51,8
Lackenbreite	0,1098	0,2724	0,0271	0,1138	6,57	3,81	1,65	79,28	7,05	22,1	62,2	14,0	53,9
Papenberg	0,1309	0,2372	0,0420	0,1207	8,44	0,69	2,38	81,06	5,58	31,6	46,8	19,5	58,3
Ellinhausen	0,1383	0,3460	0,0193	0,1397	8,92	7,31	1,15	70,30	—	24,3	53,8	18,4	55,6
Ufer der Leine	0,1704	0,3860	0,0089	0,1388	8,76	2,78	0,38	78,38	—	20,2	60,9	17,0	61,6
Kleiner Hagen	0,1749	0,2537	0,0369	0,1176	12,00	0,26	0,70	80,88	—	30,1	53,2	14,2	53,3
Hainberg	0,2105	0,6087	0,0284	0,2308	14,00	1,05	1,12	75,05	—	42,7	38,3	15,3	62,1
Deppoldshausen	0,2489	0,5839	0,0286	0,2228	15,86	8,17	0,67	56,86	—	47,9	32,4	16,6	70,9.

lösungen stattfinden. Unbegreiflicher Weise wird diese von Way so richtig erkannte Thatsache von Liebig in Abrede gestellt."

Beweise jedoch dafür, daß die Zeolithe Absorptions-Vermögen besitzen, giebt Mulder nicht.

§. 111.

5. Rautenberg's zweite Erklärung.

Rautenberg war der erste, welcher durch Versuche darthat, daß wasserhaltige Silikate — Zeolithe — Absorptions-Vermögen in hohem Grade besitzen.

Rautenberg unternahm bei dieser neuen Versuchsreihe zunächst die Beantwortung folgender zwei Fragen:

1. Hängt die Absorptions-Fähigkeit der Ackererde von dem einen oder andern ihrer Bestandtheile allein ab?

2. Uebt die Erde als Ganzes, als ein poröses Gemenge, außerdem noch eine Wirkung aus?

Zur Beantwortung der ersten Frage stellte sich Rautenberg Eisenoxydhydrat und Thonerdehydrat dar, prüfte diese in ihrem Verhalten zu Ammoniac, Salmiak, Kali und Chlorkalium und fand, daß das Eisenoxydhydrat, verglichen mit der Ackererde, nur im geringen Grade das Absorptions-Vermögen für freie Alkalien besitzt, so daß dasselbe also allein die Absorptions-Fähigkeit der Ackererden nicht verursachen kann. Das Verhalten des Thonerdehydrats gegen Kali wurde nicht untersucht, da das Kali Thonerde löst und so die Lösung nicht mehr mit Sicherheit hätte titrirt werden können. Aus den Lösungen von Chlorammonium und Chlorkalium absorbirten das reine Eisenoxydhydrat und Thonerdehydrat, sowie beide, nachdem sie mit kohlensaurem Kalke imprägnirt worden waren, fast Nichts. Ebenso wie diese beiden Hydrate verhielt sich im Wesentlichen Kaolin — geschlemmte Porcellanerde — indem die freien Alkalien in geringen Mengen, dagegen aus den Lösungen der Salze kaum bestimmbare Spuren absorbirt wurden.

Im Ganzen wurden 4 Sorten Kaolin in ihrem Verhalten gegen die Lösungen untersucht. Eine Imprägnation des Kaolins mit kohlensaurem Kalke erhöhte die Absorptionskraft ebenfalls nicht. Aus diesen Versuchen folgt, daß die Absorptions-Erscheinungen der Ackererde auf den Thon für sich allein nicht zurückzuführen sind.

Der Quarzsand zeigte ebenfalls kein Absorptions-Vermögen.

Der Humus dagegen besitzt ein bedeutendes Absorptions-Vermögen; da derselbe aber in der Ackererde stets nur in geringer Menge vorkommt, so kann er allein die Absorption nicht bedingen.

Aus diesen Versuchen schließt Rautenberg, daß das Absorptions-Vermögen der Ackererde auf keine derjenigen Bestandtheile zurückzuführen ist, welche der Menge nach zu den wesentlichen gezählt werden müssen.

Darauf prüfte Rautenberg das Verhalten von gemengten Körpern zu den Lösungen. Kaolin mit Eisenoxydhydrat und Thonerdehydrat imprägnirt, sowie Kaolin mit Quarzsand, Schlemmkreide und Humus gemengt, zeigten aber ebenfalls keine besondere Wirkung, die dem Gemenge, als Ganzem, zuzuschreiben wäre. Die Absorptions-Fähigkeit setzt sich hier einfach aus der der einzelnen Bestandtheile zusammen; daher ist es auch wahrscheinlich, daß die Ackererde als Ganzes kein Absorptions-Vermögen auszuüben vermag.

Rautenberg zeigt dann, daß wasserhaltige Silikate einen bedeutenden Einfluß auf die Absorption ausüben. Zu diesen Versuchen dienten zwei Bolusarten, von denen der eine 19,49 Procent und der andere 41,28 Procent wasserhaltige Silikate enthielt; beide besaßen ein großes Absorptions-Vermögen, und zwar das größte der mit dem höchsten Gehalte an wasserhaltigem Silikat. Zum weiteren Beweise, daß das Silikat die absorbirende Wirkung der Hauptsache nach bedingt, wurde der eine Bolus längere Zeit mit Salzsäure digerirt und so das Silikat theilweise entfernt, anderseits der Kaolin mit künstlich dargestelltem Thonerdekalksilikat imprägnirt und dann beide in ihrem Verhalten gegen Salmiaklösung geprüft, wobei sich ergab, daß ersterer durch Entfernung des Silikats in der Absorptions-Fähigkeit bedeutend geschwächt, welche bei dem andern dagegen bedeutend erhöht war. Hieraus folgert Rautenberg, daß das Absorptions-Vermögen dieser Substanzen hauptsächlich, wenn nicht allein, auf der Gegenwart des Silikats beruhe. Die Art der Wirkung des Silikats auf das Salz, ob Oberflächenwirkung oder rein chemischer Proceß, läßt Rautenberg noch unentschieden. Diese so von Rautenberg erhaltenen Resultate führen unwillkührlich auf die früher von Way gegebene Erklärung der Absorption zurück.

§. 112.

6. Meine Versuche über die Ursachen der Absorption.

Wenn die Absorptions-Fähigkeit der Ackererde von der Bildung von wasserhaltigen Silikaten ab- oder mit der Gegenwart derselben im Boden zusammenhängen sollte, so mußte vor allen Dingen die Anwesenheit derartiger Verbindungen in den Ackererden nachgewiesen werden. War dies konstatirt, so mußte dann weiter untersucht werden, ob die Menge der wasserhaltigen Silikate, welche in einem Boden vorkommt, in Uebereinstimmung mit der Menge der absorbirten Basis zu bringen sei, woran sich dann noch mehrere andere Untersuchungen anzureihen hatten, bevor der sichere Nachweis von der Bedeutung der wasserhaltigen Silikate für die Absorptions-Fähigkeit der Ackererden festgestellt war.

Da ich nun die Erforschung der Ursachen der Absorptions-Fähigkeit der Ackererden für die Bodenkenntniß, Düngung u. s. w. für außerordentlich wichtig halte, so habe ich mich schon seit einer Reihe von Jahren mit diesem Gegenstande beschäftigt. Im Folgenden werde ich in Kürze über die von mir zur Erforschung der Ursachen der Absorptions-Fähigkeit der Ackererde angestellten Versuche referiren:

a. Versuche zur Erforschung der Absorptions-Fähigkeit der wasserhaltigen Silikate.

α. Absorptions-Versuche mit einer Anzahl von Ackererden.

Da ich die wasserhaltigen Silikate ebenfalls für einen der Hauptfactoren, welche die Absorptions-Fähigkeit bedingen, hielt, so versuchte ich zunächst die Anwesenheit derselben im Boden nachzuweisen. Die zu diesem Zwecke unternommenen Arbeiten, durch welche ich glaube, daß es mir gelungen ist, die Gegenwart der wasserhaltigen Silikate im Boden darzuthun, werden in dem Kapitel „Der Boden“ besprochen werden.

Nachdem das Vorkommen der wasserhaltigen Silikate — Zeolithe — im Boden festgestellt war, wurden dann eine Anzahl von Erden untersucht und auf ihre Absorptions-Fähigkeit für Kali geprüft.

Die Absorptions-Versuche wurden in der Art ausgeführt, daß 100 Grm. der betreffenden Erde zuerst mit so viel Wasser versetzt wurden, als sie ihrer wasserhaltenden Kraft nach aufzunehmen vermochten, dann mit 100 Ccm. der betreffenden Salzlösung zusammengebracht, in den ersten zwei Stunden durch Umrühren Erde und Lösung gut mit einander gemischt, und darauf nach 22 Stunden die Lösung durch Filtration von der Erde getrennt und untersucht wurde. Die Zeitdauer der Berührung war also stets 24 Stunden. Die Lösung war bei den gewöhnlichen Versuchen stets vollständig klar. Die Versuche wurden mit einer Lösung von Chlorkalium ausgeführt, deren Stärke eine verschiedene war und deshalb bei den einzelnen Versuchen angegeben ist. Die Bestimmung des Kalis geschah als Kaliumplatinchlorid; alle Zahlen sind Mittelzahlen aus zwei Bestimmungen.

In der folgenden Tabelle p. 277 ist die Zusammensetzung der Erden mit der Absorptions-Fähigkeit derselben zusammengestellt. Diese Tabelle wird so ersichtlich machen, ob letztere vor allem einem oder mehreren der Bestandtheile zuzuschreiben ist.

Wie aus dieser Tabelle ersichtlich findet zwischen der Absorptions-Fähigkeit einer Erde für Kali und dem Gehalte derselben an Kieselsäure der größte Zusammenhang statt, es hat allerdings nicht regelmäßig diejenige Erde, welche die größte Menge Kieselsäure enthält, am meisten Kali absorbirt, überwiegend ist dies jedoch der Fall. Außer der Kieselsäure zeigt die Menge des Eisenoxyds und der Thonerde die größte Uebereinstimmung mit dem Absorptions-Vermögen der Erden. Die größte Menge der vorhandenen Kieselsäure kommt nun mit der größten Menge des Eisenoxyds und der Thonerde, sowie mit einem Theile der Kalkerde und der Magnesia in den Erden zu löslichen Silikaten vereinigt vor. Hieraus ist mit Bestimmtheit zu folgern, daß diesen Silicaten ein bedeutender Einfluß bei der Absorption zuzuschreiben ist.

Zwischen den andern Bestandtheilen der Erden und der Absorptions-Fähigkeit derselben läßt sich dagegen nicht gut ein Zusammenhang nachweisen. Wollte man z. B. der Menge der organischen Stoffe einen bedeutenden Einfluß bei der Absorption vindiziren, so scheinen die für das Absorptions-Vermögen des Thonbodens und des Teichschlamms gefundenen Zahlen, sowie der Gehalt beider an organischen Stoffen hiergegen zu sprechen. Der Teichschlamm mit 12,849 Prozent organischen Stoffen absorbirte weniger Kali, also der Thonboden mit nur 6,008 Procent organischen Stoffen; die Menge der löslichen Kieselsäure betrug dagegen beim Teichschlamm 7,792 Procent und beim Thonboden 7,876 Procent, ebenso war auch der Gehalt an Eisenoxyd und Thonerde (10,714 Procent) beim Thonboden ein größerer als beim Teichschlamm (7,336), mithin also die Menge der löslichen Silikate. Bei einigen

Name der Erden.	Wasser.	Organ. Substanz.	Eisenoxyd, Thonerde und Phosphors.	Kalkerde.	Magnesia.	Sand.	Thon.	Kieselsäure.	In 100 Ccm. der Lösung an Kali 0,1314 Grm.; hiervon absorbirt. Grm.	In 100 Ccm. der Lösung an Kali 0,1439 Grm.; hiervon absorbirt. Grm.	In 100 Ccm. der Lösung an Kali 0,2628 Grm; hiervon absorbirt. Grm.
Ackererde 74 . . .	1,613	2,387	3,107	0,061	0,201	79,410	10,344	2,630	0,0575	—	0,1162
Untergrund 74 . .	1,521	1,652	3,066	0,109	0,282	84,470	6,610	2,024	0,0515	—	0,0981
Ackererde 68 . . .	1,416	2,700	2,523	0,147	0,227	81,820	7,366	3,324	0,0582	—	0,1180
Untergrund 68 . .	1,347	2,003	2,918	0,122	0,240	83,020	5,762	4,119	0,0598	—	0,1065
Ackererde A. . . .	1,514	3,008	3,062	0,220	0,323	81,570	7,164	3,625	0,0683	—	0,1128
Untergrund A. . .	1,727	1,988	3,558	0,146	0,147	82,300	5,960	3,728	0,0639	—	0,1026
Teichschlamm . . .	4,809	12,849	7,336	0,840	0,658	64,760		7,792	0,0923	0,1009	—
				Kohlens. Kalkerde							
Mergel=Großhof . .	1,300	0,700	3,040	15,440	2,110	72,660		4,300	—	0,0642	—
Mergel=Karschau . .	9,518		4,625	18,134	2,113	59,217		6,072	0,0706	—	—
Ackererde aus Schlesien	2,649	4,650	5,415	0,871	0,330	80,952		4,732	—	0,0708	—
Thonboden aus Wehlau	4,214	6,008	10,714	1,179	0,895	71,273		7,876	0,0987	—	—

Bodenarten zeigen allerdings diejenigen mit dem größten Gehalte an organischen Stoffen auch das größere Absorptions-Vermögen, so Ackererde 74 im Vergleich zum Untergrund 74 und Ackererde A. zu Untergrund A. Bei andern ist dies dagegen wieder nicht der Fall, z. B. bei Untergrund A., welcher bei einem Gehalte an organischen Stoffen von 1,988 Prozent 0,0639 Grm. Kali absorbirte und Ackererde 68, die 2,700 Prozent organische Stoffe enthielt und nur 0,0587 Grm. Kali absorbirte. Aehnliche Widersprüche zeigen noch mehrere der anderen Erden, so daß aus diesen Versuchen mit Sicherheit weder für noch wider die Wichtigkeit der organischen Stoffe bei der Absorption ein Schluß zu ziehen ist.

β. Versuche mit künstlich dargestellten Silikaten.

Nachdem diese Versuchsreihe so den Schluß ergeben hatte, daß zwischen der Absorptions-Fähigkeit einer Erde und dem Gehalte derselben an löslicher Kieselsäure resp. löslichen Silikaten, ein Zusammenhang vorhanden sei, prüfte ich weiter, ob dieselbe durch Hinzufügung löslicher Silikate vergrößert oder durch Hinwegnahme derselben verringert werde.

Zu diesen Versuchen diente der Untergrund 74. Die Versuche wurden mit den folgenden Silikaten angestellt.

1. Thonerde-Natron-Silikat; dasselbe bestand in 100 Theilen aus:

Wasser bei 100° flüchtig	89,880
„ „ schwachem Glühen	0,707
Trockensubstanz	9,413
	100,000.

Die Trockensubstanz bestand in 100 Theilen aus:

Kieselsäure	61,240
Thonerde	23,256
Natron	15,504
	100,000.

2. Einem Thonerde-Kalkerde-Silikat; dieses war wie folgt zusammengesetzt:

Wasser bei 100° C. flüchtig	9,826
„ „ 150° C. flüchtig	4,513
„ „ schwachem Glühen flüchtig	9,401
Trockensubstanz	76,260
	100,000.

Die Trockensubstanz bestand in 100 Theilen aus:

Kieselsäure	64,824
Thonerde	11,683
Kalkerde	17,726
Natron	0,628
Kohlensaure Kalkerde	5,138
	99,999.

3. Einem anderen Thonerde-Kalkerde-Silikat, welches folgende Zusammensetzung hatte:

Wasser bei 100° flüchtig	15,693
„ „ schwachem Glühen flüchtig	12,615
Kieselsäure	47,392
Thonerde	10,879
Kalkerde	10,876
Kali	1,958
Natron	0,147
Kohlensäure	0,440
	100,000.

4. Einem Thonerde-Magnesia-Silikate; die Zusammensetzung desselben war, wie folgt:

Wasser bei 100° flüchtig	16,79
„ „ schwachem Glühen flüchtig	8,99
Kieselsäure	45,65
Thonerde	7,88
Magnesia	14,03
Kali	6,02
Natron	0,64
	100,000.

Diese Silikate wurden theils für sich auf ihre Absorptions-Fähigkeit geprüft, theils der genannten Erde zugesetzt und so untersucht, ob das Absorptions-Vermögen derselben dadurch erhöht werde.

Zur Untersuchung der Frage, ob durch theilweise Zerstörung und Entfernung der löslichen Silikate das Absorptions-Vermögen der Erden verringert werde, zog ich Untergrund 74 mit Salzsäure von verschiedener Concentration aus, wodurch eine Zerlegung der Silikate und Entfernung der Basen bewirkt wurde; ein Theil des so erhaltenen Rückstandes diente für sich zu den Versuchen, ein anderer Theil wurde noch vorher mit kohlensaurem Natron zur Entfernung der abgeschiedenen Kieselsäure digerirt und dann zu dem Versuche angewendet.

Die Resultate dieser Versuche zeigt die folgende Tabelle.

a. Versuche mit

100 Grm. rohe Erde	. . . .
100 ,, Erde + 1,7666 Grm. wasserfreiem Natronsilikat	. . . . .
100 ,, Erde + 3,5332 Grm. wasserfreiem Natronsilikat	. . . . .
100 ,, Erde + 0,786 Grm. wasserfreiem Natronsilikat	. . . . .
100 ,, Erde + 1,16 Grm. wasserfreiem Natronsilikat	. . . . . .
100 ,, rohe Erde	. . . .
100 ,, Erde + 3,0512 Grm. wassecfreiem Kalkerdesilikate	. . . . .
100 ,, Erde + 4,5768 Grm. wasserfreiem Kalkerdesilikat	. . . . .
100 ,, Kalkerdesilikat	. . . .
100 ,, des 2ten Thonerde-Kalkerde-Silikats	. . . .
100 ,, ,, ,, ,,	. . . .
100 ,, des Thonerde-Magnesia-Silikats	. . . .
100 ,, mit 1/20 $\frac{\text{Salzsäure}}{\text{Wasser}}$ ausgezogene Erde	. . . .
100 ,, ,, 1/15 ,, ,,	. . . .
100 ,, ,, 1/10 ,, ,,	. . . .
100 ,, ,, 1/5 ,, ,,	. . . .
100 ,, ,, 1/15 ,, und dann mit kohlensaur. Natron digerirte Erde	
100 ,, ,, 1/5 ,, und dann mit kohlensaur. Natron digerirte Erde	

b. Versuche mit

100 Grm. des 2ten Thonerde-Kalkerde-Silikats	. . . .
100 ,, des Thonerde-Magnesia-Silikats	. . . .

Diese Zahlen thuen dar, daß einerseits wasserhaltige Silikate Absorptions-Vermögen in bedeutendem Grade besitzen und anderseits, daß durch Hinzufügung derselben zur Ackererde das Absorptions-Vermögen dieser erhöht wird.

Chlorkalium.

100 Ccm. der Chlorkalium-Lös. enthalten an Kali. Grm.	Gelöst blieben an Kali. Grm.	Also wurde absorbirt an Kali. Grm.	Bemerkungen.
0,1312	0,0658	0,0654	
0,1312	0,0647	0,0678	
0,1312	0,0592	0,0720	
0,4390	0,2606	0,1784	
0,4390	0,2560	0,1830	
0,4390	0,2706	0,1684	
0,4390	0,2240	0,2150	
0,4390	0,2050	0,2310	Die Menge der entsprechenden Lösung würde hier 1220 Ccm. betragen.
0,4390	3,817	1,536	
0,297	1,514	1,677	Lösung 1220 Ccm.
0,495	3,620	2,763	dito
0,525	5,926	0,480	dito
0,1312	0,0792	0,0520	dito
0,1312	0,0792	0,0520	
0,1312	0,0792	0,0520	
0,1312	0,0759	0,0553	
0,4390	0,2148	0,2242	
0,4390	0,2122	0,2268	

Chlorammonium.

100Ccm. Chlorammonium enthalten an Ammonium Grm.	Gelöst blieb an Ammonium Grm.	Also wurde absorbirt an Ammonium Grm.	Bemerkungen.
0,159	1,205	1,180	Lösung = 1500 Ccm.
0,159	2,344	0,200	„ = 1600 Ccm.

Das Thonerde-Magnesia-Silikat zeigt verhältnißmäßig nur ein geringes Absorptions-Vermögen; ob der hohe Kali-Gehalt desselben der Grund hiervon ist, oder ob die Magnesia-Silikate überhaupt nur geringes Absorptions-Vermögen besitzen, ist durch diese Versuche noch nicht zu entscheiden.

Durch Entfernung eines Theils des Silikats ist das Absorptions-Vermögen nicht, wie erwartet werden konnte, vermindert, sondern sogar vermehrt worden. Diese so wider Erwarten erhaltenen Facta, glaube ich, ohne mich eines Irrthums schuldig zu machen, dahin erklären zu können, daß durch die Behandlung der Erde mit Salzsäure und kohlensaurem Natron die Oberfläche derselben bedeutend vergrößert, die physikalischen Eigenschaften derselben also durchaus verändert worden sind, und dies das erhöhte Absorptions-Vermögen veranlaßt hat.

Für die größere Zertheilung der einzelnen Bestandtheile der Erde, vor allem der vollständigen Trennung der feinen Thon-Partikelchen von dem Sande, spricht unter anderm die Thatsache, daß bei den Versuchen so sehr schwer klare Filtrate, was der Fall sonst stets gewesen, zu erhalten waren. Hier mußten conzentrirtere Chlorkalium-Lösungen angewendet werden, um die Untersuchungen zu ermöglichen, während früher auch bei den verdünntsten Lösungen sich sogleich klare Filtrate ergaben.

γ. Wie wirken die Silikate bei der Absorption?

Die soeben aufgeführten Versuche haben dargethan, daß die Silikate einen wichtigen Einfluß bei der Absorption ausüben; es ist daher weiter zu untersuchen, wie dieselben diesen Einfluß äußern? Ob nämlich die Wirkung der Silikate eine chemische oder wenigstens theilweise nur eine mechanische, auf Flächenanziehung beruhende, ist.

Zur Entscheidung dieser Frage bestimmte ich bei einer Reihe der obigen Versuche die für die absorbirten in Lösung getretenen Basen, indem ich dabei von der Voraussetzung ausging, daß die Menge der in Lösung getretenen Basen die Menge der bei der Absorption chemisch gebundenen ausdrückt. Entspricht nun nach den Atomgewichten die Menge der gelösten Basen die der absorbirten Basis, so ist die Bindung jener entschieden eine chemische gewesen; ist dagegen die Menge der absorbirten größer, so muß ein Theil der absorbirten Basis mechanisch fixirt worden sein. Von den zu dem Zwecke angestellten Versuchen, führe ich hier nur folgende an:

Bei einem Versuche mit dem ersten Thonerde-Kalkerdesilikate, waren von 4,1 Grm. desselben aus 50 Ccm. Chlorkaliumlösung 0,064 Kali absorbirt. An Kalkerde wurden in der Lösung 0,0347 Grm. gefunden; bei dem Silikate waren ferner an Kalkerde 0,0047 Grm. verblieben, welche bei der Extraktion mit 280 Ccm. Wasser in Lösung traten, somit betrug die Gesammtmenge des gelösten Kalks 0,0394 Grm. Das Silikat enthielt aber noch etwas kohlensauren Kalk und zwar in den 4,1 Grm. 0,1607 Grm. desselben. Eine Chlorkalium-Lösung löst aber etwas kohlensauren Kalk, daher mußte ferner bestimmt werden, wie viel Kalkerde von der benutzten Chlorkaliumlösung in Lösung übergeführt werde. Bei dem Ver-

suche wurde gefunden, daß 50 Ccm. der Lösung von 100 Grm. kohlensaurem Kalk 0,239 Grm. lösen, somit sind also von den 0,1607 0,00038 Grm. Kalkerde gelöst worden. Ferner löst reines Wasser auch noch etwas kohlensauren Kalk; da nun bei der weiteren Behandlung des Silikats nach der Absorption mit 280 Ccm. Wasser noch 0,0047 Grm. Kalkerde gelöst worden, so kommt ein Theil dieses Kalks auf Rechnung der lösenden Kraft des Wassers auf kohlensauren Kalk und zwar wie der Versuch ergab 0,00035; es ist also von der Gesammtmenge des in Lösung getretenen Kalks 0,00073 Grm. abzuziehen und es ergeben sich 0,0387 Grm. als diejenige Kalkmenge, welche an Stelle des absorbirten Kali's in Lösung getreten sind. Diese 0,0387 Grm. Kalkerde entsprechen 0,06405 Grm. Kali, somit stimmt also die Menge des gelösten Kalkes genau mit der Menge des absorbirten Kalis überein, woraus folgt, daß bei dem Kalkerdesilikat die Absorption ein rein chemischer Proceß gewesen ist.

Bei einem 2. Versuche wurden 3,526 Grm. des Silikats angewendet, welche, wie oben angegeben, 0,0596 Grm. Kali absorbirten; hier betrug die Menge des Kalkes in der Lösung 0,0302; ferner traten bei der darauf folgenden Extraktion des Silikats mit 400 Ccm. Wasser noch 0,0067 Grm. Kalkerde in Lösung; die Gesammtmenge des gelösten Kalkes beträgt also 0,0369, welche noch um die Kalkmenge zu verringern ist, die durch die Chlorkaliumlösung und durch das Wasser gelöst worden sind, nämlich um 0,0006 somit bleiben also 0,0363 Grm. Kalkerde übrig, welche durch die Absorption in Lösung übergeführt worden sind. Diese 0,0363 Grm. Kalkerde entsprechen 0,0589 Grm. Kali, somit findet auch hier vollkommene Uebereinstimmung zwischen der Menge des in Lösung getretenen Kalkes und der Menge des absorbirten Kalis statt.

Um zu zeigen, daß keine wechselseitige Umsetzung zwischen der geringen Menge von kohlensaurem Kalk, welche das Silikat enthielt und der Chlorkaliumlösung stattgefunden hatte, deren zufolge Kalkerde in Lösung getreten sei, wurde das Silikat nach Beendigung des Versuchs auf seinen Gehalt an kohlensaurem Kalk geprüft, und gefunden, daß eine solche Zersetzung, wie vorauszusehen, nicht erfolgt war.

Die beiden Versuche zeigen somit, daß die Absorption bei dem Kalksilikat ein chemischer Prozeß ist, daß das absorbirte Kali an Stelle des gelösten Kalks in die Verbindung eingetreten ist.

Weiter war dann zu untersuchen, wie sich die absorbirte Basis gegen die lösende Kraft des Wassers verhalte. War die Bindung eine chemische, so mußte zur Löslichmachung derselben sicherlich bedeutend mehr Wasser erforderlich sein, als wenn die Absorption nur eine mechanische gewesen wäre.

Von den zur Bestimmung dieser Frage angestellten Versuchen nenne ich hier folgende:

Zu dem Zwecke wurden die 4,1 Grm. Silikat, welche 0,064 Grm. Kali absorbirt hatten, und die 3,526 Grm. desselben welche 0,0596 Grm. Kali aufgenommen hatten, mit Wasser extrahirt, um zu sehen, ob Wasser das absorbirte Kali — wenigstens theilweise — zu lösen im Stande sei. Bei dem ersten Versuche wurden 280 Ccm. und beim zweiten 400 Ccm. Wasser angewendet. In den 280 Ccm. wurden an Kali 0,0762 Grm. ge-

funden. Bei dem Absorptions-Versuche waren 65 Ccm. Lösung mit dem Silikate in Berührung getreten, 48 Ccm. aber durch Filtration nur entfernt, mithin bei demselben noch 17 Ccm. verblieben, welche 0,0396 Kali, enthielten, da in den 65 Ccm. nach der Absorption noch 0,1515 Grm. Kali gefunden worden waren. Diese 0,0396 Grm. Kali von den 0,0762 Grm. gefundenen Kali abgezogen, ergiebt diejenige Kalimenge, welche von den 280 Ccm. Wasser gelöst sind: dies macht 0,0366. Zugleich wurde zur Kontrole die Chlormenge bestimmt, welche in den 280 Ccm. enthalten war, um so sicher zu sein, daß die 0,0396 Kali wirklich als Chlorkalium bei dem Silikate verblieben waren. An Chlor wurde 0,0301 Grm. gefunden, welche 0,0403 Grm. Kali entsprechen, mithin sind die 0,0396 Grm. Kali in der That bei dem Silikate als Chlorkalium gewesen.

Beim zweiten Versuche wurden in den 400 Ccm. Auszug 0,0741 Grm. Kali gefunden. Hier waren von der ersten Lösung, deren Menge 56 Ccm. mit einem Kaligehalte von 0,1289 Grm. ausmachte, 12,5 Ccm. bei dem Silikate verblieben; diese enthielten noch 0,0288 Grm. Kali, so daß also die 400 Ccm. Wasser 0,0453 Grm. Kali gelöst hatten. Die Chlorbestimmung ergab an Chlor in den 400 Ccm. 0,0237 Grm., welche 0,0316 Kali entsprechen.

Aus diesen Versuchen folgt somit, daß die Verbindung, in welche das Kali mit dem Silikate tritt, eine derartige ist, daß Wasser dasselbe allmählig wieder in Lösung überzuführen vermag.

Ich hebe nochmals hervor, daß bei dem ersten Versuche mit 4,1 Grm. Silikat von 0,064 absorbirten Kali durch 280 Ccm. 0,0366 Grm. und beim zweiten Versuche mit 3,526 Grm. Silikat von 0,0596 absorbirten Kali durch 400 Ccm. 0,0453 Grm. in Lösung übergeführt wurden. Berechnet man die beim zweiten Versuche gelöste Menge Kali auf 4,1 Grm. Silikat, so ergiebt dies 0,0526 Grm. Berechnet man ferner nach dem ersten Versuche, wie viel Wasser zur Lösung dieser 0,0526 Grm. Kali erforderlich sind, so erhält man 402 Ccm. Wasser. Bei den Versuchen ist also die Uebereinstimmung zwischen der Menge des gelösten Kali und der hierzu erforderlichen Wasserquantität eine vollständige. Zur Lösung von 1 Theil gehören somit 8830 Ccm. Wasser.

§. 113.

b. Versuche zur Erforschung des Absorptions-Vermögens der Humuskörper.

Von Rautenberg war ferner durch seine Versuche dargethan, daß der Humus ein bedeutendes Absorptions-Vermögen besitze. Um nun die Rolle, die der Humus hierbei spielt, näher zu studiren, um festzustellen, wie er hierbei wirkt u. s. w. sind von mir folgende Versuche angestellt worden.

α. Die Versuche.

Ich nahm Torf und prüfte denselben zunächst auf sein Absorptions-Vermögen gegen Kali und Ammoniac, dann wurde ein anderer Theil desselben mit Wasser zur Entfernung der löslichen Humussäuren extrahirt und der Rückstand dann ebenfalls wie der rohe Torf den Absorptions-Versuchen unterworfen; ferner wurde eine weitere Portion mit heißer Salzsäure extrahirt, wodurch vor allem die darin löslichen unorganischen Stoffe ausgezogen und dann der Rückstand vor allem aus den Humusstoffen und etwas Sand bestehend, zu den Absorptions-Versuchen benutzt. Eine andere Portion wurde weiterhin mit kohlensaurem Natron digerirt und gut ausgewaschen und einerseits dieser Rückstand, aus den indifferenten Humuskörpern nebst den Mineralstoffen des Torfes bestehend, anderseits dieser nachdem er vorher mit Salzsäure zur Entfernung der löslichen Mineralstoffe digerirt war, so daß nur die indifferenten Humuskörper mit etwas Sand und Kieselsäure zurückblieben und schließlich die durch kohlensaures Natron gelösten Humussäuren, nachdem sie durch Salzsäure gefällt und ausgewaschen waren, den Absorptions-Versuchen unterworfen.

Ferner bemerke ich noch, daß alle diese genannten Materialien mit Wasser gesättigt dem Versuche unterworfen wurden, weil sie vorher getrocknet, theilweise sehr schwer Wasser aufnehmen und überhaupt in ihrem Verhalten durch das Trocknen geändert werden.

100 Grm. des mit Wasser gesättigten Materials wurden mit 100 Ccm. der betreffenden Absorptions-Flüssigkeit in Berührung gebracht; Versuchsdauer 3 Tage.

Die erhaltenen Resultate sind mit allen andern Daten auf der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Bezeichnung der zu den Absorptions-Versuchen benutzter Materialien.	Die Absorptions-Flüssigkeit enthält		In der Flüssigkeit waren gelöst			
	an Kali, resp. Ammon.	an Chlor.	an Kali, resp. Ammoniak.	an Kalkerde.	an Magnesia.	an Chlor.
1. Roher Torf.	0,5232 Kali	0,392	0,2170	0,0697	0,0129	0,2271
	0,159 Ammoniak.	0,331	0,0758	0,0616	0,0112	0,2223
2. Mit heißem Wasser extrahirter Torf.	0,5232 Kali.	0,392	0,2216	0,0602	0,0162	0,2253
	0,159 Ammoniak.	0,331	0,0724	0,0490	0,0118	0,2114
3. Mit heißer Salzsäure extrahirter Torf.	0,5232 Kali.	0,392	0,2555	—	—	0,2082
	0,159 Ammoniak.	0,331	0,0848	—	—	0,2096
4. Mit kohlensaurem Natron extrahirter Torf.	0,5232 Kali.	0,392	0,1776	—	—	0,2256
	0,159 Ammoniak.	0,331	?	—	—	0,1828
5. Die in kohlensaurem Natron löslichen Stoffe des Torfs; die Humussäure.	0,5232 Kali.	0,392	0,246	—	—	0,2060
	0,159 Ammoniak.	0,331	0,0888	—	—	0,1950
6. Mit kohlensaurem Natron und Salzsäure extrahirter Torf.	0,5232 Kali.	0,392	0,2907	—	—	0,2261
	0,159 Ammoniak.	0,331	0,0899	—	—	0,1754

Nachdem diese Stoffe die angeführten Mengen der Basen absorbirt hatten, wurde weiter untersucht, wie fest sie dieselben hielten, wie viel Wasser von denselben zu lösen vermochte, da die Menge der von Wasser gelösten Basis mit ein Urtheil über die Natur der Bindung zu geben im Stande war. Die Versuchsdauer

somit absorbirt an Kali, resp. Ammoniak.	somit absorbirt an Chlor.	Dem absorbirten Chlor entspricht an Kali, resp. Ammoniak.	Die zu den Versuchen benutzten Materialien enthalten: an Wasser.	an organischer Substanz.	an Asche.	an Eisenoxyd und Thonerde.	an kohlensaurem Kalk.	an kohlensaurer Magnesia.	an Kieselsäure.	an Sand.
0,3062	0,1649	0,2203	66,75	31,65	1,60	0,187	1,184	0,024	0,015	0,315
0,0832	0,1087	0,0529								
0,3016	0,1667	0,2227	75,94	22,97	1,09	0,163	0,836	0,033	0,018	0,172
0,0866	0,1196	0,0571								
0,2677	0,1838	0,2456	74,51	25,30	0,19	—	Spuren.		0,012	0,165
0,0742	0,1214	0,0579								
0,3454	0,1664	0,2223	81,98	9,50	2,52	0,305	1,857	0,079	0,070	0,314
?	0,1482	?								
0,2772	0,1860	0,2485	92,31	7,67	0,020	—	Spuren.		—	—
0,0702	0,136	0,0649								
0,2325	0,1659	0,2217	86,57	12,95	0,476		0,229		—	0,247
0,0691	0,1581	0,0635								

war auch hier 3 Tage; das andere giebt die folgende Tabelle, zu der ich noch bemerke, daß ich, obgleich alle durch das Wasser gelösten Stoffe bestimmt wurden, hier nur die Mengen der gelösten Basis anführe.

Bezeichnung des Versuchs-Materials.		Menge des angewendeten Wassers Ccm.	Bei dem Torfe 2c. verbliebene Basis.	An das Wasser abgegebene Basis.	Somit vondem Wasser gelöste Basis.	Die Menge der absorbirten Basis betrug.
1. Roher Torf.	Kali.	150	0,0564	0,1870	0,1306	0,3062
	Ammoniak.	150	0,0186	0,0466	0,0260	0,0832
2. Mit Salzsäure extrahirter Torf.	Kali.	150	0,0268	0,1148	0,0880	0,2677
	Ammoniak.	150	0,0085	0,0466	0,0381	0,0742
3. Humussäuren.	Kali.	150	0,075	0,1959	0,1209	0,2772
	Ammoniak.	150	0,0142	0,0560	0,0418	0,0702
4. Mit kohlens. Natron u. Salzsäure extrahirter Torf.	Kali.	200	0,0236	0,2132	0,1896	0,2325
	Ammoniak.	200	0,0089	0,0514	0,0425	0,0691

Die Zahlen zeigen, daß die Bindung eines bedeutenden Theils der absorbirten Basis keine sehr innige gewesen ist, indem an die $1^1/_2$ oder 2fache Menge des Wassers, in welchem die absorbirten Basen vor der Absorption gelöst, fast $^1/_3$ bis weit über die Hälfte derselben wieder abgegeben ist.

β. Die Schlüsse aus diesen Versuchen.

Aus diesen Versuchen mit den Torf-Präparaten lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1. Der Torf besitzt ein nicht unbedeutendes Absorptions-Vermögen.

2. Die absorbirten Basen sind theils chemisch, theils mechanisch gebunden.

3. Bei diesem Torf übertrifft das auf Flächenanziehung beruhende Absorptions-Vermögen das durch chemische Bindung hervorgebrachte bedeutend.

4. Die durch Flächenanziehung gebundenen Basen werden in der Verbindung, in welcher sie zum Boden gebracht sind, festgehalten, also das Kali als Chlorkalium, das Ammoniak als Chlorammonium.

5. Zur chemischen Bindung ist die Gegenwart von Carbonaten erforderlich, welche vor der Absorption die Zerlegung der Salze — wenn dieselben nicht als kohlensaure zum Boden gebracht sind — bewerkstelligen müssen; resp. die Gegenwart von humussauren Salzen.

6. Bei der chemischen Bindung der Basen sind vor Allem die Humussäuren thätig.

7. Für den chemischen Act bei der Absorption sprechen die in Lösung getretenen Basen.

8. Für den mechanischen Act das zurückgehaltene Chlor und die Leichtigkeit, mit welcher ein großer Theil der absorbirten Basis wieder gelöst werden kann.

§. 114.

c. Erklärung der Absorptions-Erscheinungen nach den soeben beschriebenen Versuchen:

Wir haben nun die Versuche, welche zur Beantwortung der gestellten Frage bis jetzt gemacht worden sind, kennen gelernt; und haben diese jetzt gemeinschaftlich zur Erklärung der Absorptions-Erscheinungen des Bodens zu benutzen. Nach meiner Ansicht ergiebt sich aus denselben, daß die Absorption auf 2fache Weise erfolgt und zwar:

1. durch chemische Bindung vermöge der wasserhaltigen Silikate und der Humusstoffe des Bodens.

2. durch Flächenanziehung.

1. Der chemische Act bei der Absorption.

a. Die größte Menge der absorbirten Basis wird auf chemischem Wege gebunden und zwar spielen hierbei bei der verhältnißmäßig geringen Menge der Humussäuren, welche unsere Ackererde enthalten, die wasserhaltigen Silikate die Hauptrolle. Die chemische Bindung der Basen ist bewiesen:

α. Durch die in Lösung getretenen Basen, deren Menge bei den Versuchen mit den reinen Silikaten der Menge der absorbirten Basis äquivalent war.

β. Durch die Kraft, mit welcher die absorbirte Basis von der Erde zurückgehalten wird, so daß eine bedeutend viel größere Menge von Wasser zur Lösung derselben erforderlich ist, als die

Menge beträgt, in welcher dieselbe vor der Absorption gelöst war.

γ. Durch die Thatsache, daß Salzsäure die absorbirten Basen vollständig wieder in Lösung überzuführen vermag.

b. Für die Absorption der Basen und ihrer Salzen durch die Silikate des Bodens ist die Anwesenheit kohlensaurer Salze im Boden nicht erforderlich.

c. Bei der Bindung derselben durch den Humus muß aber, wenn dieselbe nicht als kohlensaures Salz mit dem Boden in Berührung kommt, eine vorherige Zerlegung derselben durch Carbonate erfolgen, oder die Humussäuren müssen an Basen, wie Kalkerde &c. gebunden im Boden vorhanden sein.

2. Der mechanische Act der Absorption.

a. Daß ein Theil der absorbirten Basis nur durch Flächenanziehung vom Boden festgehalten wird, zeigen meine Versuche mit den Torf-Präparaten, sowie mit der Erde, aus welcher die Silikate theilweise entfernt waren und bei welchen durch die Behandlung mit Salzsäure, und kohlensaurem Natron die Oberfläche bedeutend vermehrt worden war, sehr schön.

b. Die durch Flächenanziehung fixirten Basen werden vor Allem in der Verbindung, in welcher sie mit dem Boden in Berührung gebracht sind, zurückgehalten.

§. 115.

B. Der Säuren.

Was die Art der Absorption der Säuren anbetrifft, so handelt es sich hier nur um die der beiden wichtigsten, nämlich um die der Phosphorsäure und Kieselsäure.

1. Phosphorsäure.

Die Absorption der Phosphorsäure ist ein chemischer Proceß, abhängig von dem Gehälte der Erde an Eisenoxyd, Thonerde, Magnesia und Kalkerde.

Bei meinen Versuchen über die Absorption der Phosphorsäure aus phosphorsaurem Natron, wo also die Phosphorsäure an eine Basis gebun-

den war, zu welcher die Erden verhältnißmäßig ein geringes Absorptions-Vermögen besitzen, zeigte sich die Art der Absorption sehr schön. Während nämlich der reine wässerige Auszug der Erde fast farblos, während ferner das Filtrat von der Erde nach ihrer Behandlung mit der schwefelsauren Kali-, der schwefelsauren Magnesia-Lösung und dem Kalkwasser ebenfalls farblos war, so zeigten sich dagegen die Filtrate von derselben Erde nach ihrer Behandlung mit phosphorsaurem Natron stets gefärbt, und zwar von hellgelb bis zu dunkelbraun, je nach der Menge von phosphorsaurem Natron, welche mit der Erde in Berührung gewesen war oder anders ausgedrückt, je nach der Menge der absorbirten Phosphorsäure. Die Erscheinung ist, wie ich glaube, sicher nur in der Art zu erklären, daß, während die Phosphorsäure von den oben genannten Basen, vor allem der Thonerde und dem Eisenoxyd, gebunden, und so das Natron frei wurde, dieses auf den Humus der Erden einwirkte, sich mit den Humussäuren verband, und so mit diesen in Lösung trat. Die große Schnelligkeit mit welcher dieser Austausch stattfindet, zeigen die in einer Stunde absorbirten Mengen der Phosphorsäure. Wir sehen dies ferner aus folgenden Beispielen. Reibt man in einer Porzellanschaale Alaun (schwefelsaure Thonerde schwefelsaurem Kali) und phosphorsaures Natron zusammen, so erhält man nach der Behandlung mit Wasser phosphorsaure Thonerde, während schwefelsaures Kali und Natron gelöst bleiben. Behandelt man auf dieselbe Weise ein lösliches Eisenoxydsalz und phosphorsaures Natron, so bildet sich phosphorsaures Eisenoxyd und das betreffende Natronsalz. Nimmt man ein Magnesiasalz und phosphorsaures Natron, so entsteht phosphorsaure Magnesia und das betreffende Natronsalz; dieselbe Umsetzung tritt bei einem Kalksalze und phosphorsaurem Natron ein.

Die auf Seite 256 angeführten Absorptions-Versuche, bei welchen durch Hinzufügung der genannten Basen zur Erde das Absorptions-Vermögen derselben bedeutend erhöht worden war, beweisen ferner die Bedeutung dieser für die Absorption der Phosphorsäure.

Ich glaube somit die Absorption der Phosphorsäure richtig zu erklären, wenn ich sie eine chemische nenne, beruhend auf einer Verbindung derselben vor Allem mit Thonerde, Eisenoxyd, Magnesia (Ammoniak) und auch Kalkerde, so daß also diese Säure im Boden als phosphorsaure Thonerde, phosphorsaures Eisenoxyd, phosphorsaure Ammoniak-Magnesia und unter Umständen auch als phosphorsaure Kalkerde vorhanden sein wird.

2. Kieselsäure.

Was die Art der Absorption der Kieselsäure anbetrifft, so verdanken wir v. Liebig eine Erklärung für dieselbe. Nach demselben ist die Absorption der Kieselsäure ebenfalls eine chemische Erscheinung, beruhend auf der Verbindung derselben mit Kalkerde und Thonerde. Der Gehalt der Erde an Humus spielt aber hierbei eine sehr wichtige Rolle. Da der Säure-Charakter des Humus

ein stärkerer als der der Kieselsäure ist, so vermag derselbe das Vermögen der Kieselsäure, mit den genannten Basen unlösliche Verbindungen einzugehen, bis zu einer gewissen Grenze aufzuheben. Es läßt sich daher sagen, daß eine Erde um so mehr Kieselsäure zu absorbiren im Stande ist, je weniger Humus dieselbe enthält und umgekehrt, daß sie um so weniger Kieselsäure absorbirt, je mehr Humus in ihr vorhanden ist. Außerdem spielt aber, wie oben schon angeführt, die chemische Natur der Erde immer eine bedeutende Rolle.

Dies zeigen z. B. die beiden Gartenerden p. 251, welche nahezu dieselbe Menge verbrennlicher Substanz enthielten von denen aber die eine, reich an kohlensaurem Kalk, 2425 Milligrm. absorbirte, während dagegen die andere, viel Kieselsand enthaltend, derselben Kaliwasserglaslösung nur 1081 Milligrm. Kieselsäure entzog.

Kapitel IV.

§. 116.

1. Drainwasser.

v. Liebig stützte, wie wir vorher gesehen haben, seine Theorie über die Art der Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanze, ferner auf die Beschaffenheit des Drainwassers. Betrachten wir die Analysen, welche über das Drainwasser vorliegen, so sehen wir, daß in demselben die wichtigsten Pflanzennährstoffe wie: Ammoniac, Kali, Phosphorsäure fast gar nicht oder wenigstens nur in sehr geringen Mengen vertreten sind. Folgende Analysen führe ich hier an, um die Zusammensetzung des Drainwassers darzuthun.

1. Wolff hat das Drainwasser von einem Felde (A) und das von einer Wiese (B) untersucht und hier folgende Zahlen erhalten. Er fand in 1 Million Gewichtstheilen des Wassers:

	A.	B.
Organische Substanz	25,7	32,4
Kohlensaurer Kalk	219,3	43,5
„ Magnesia	31,0	14,2
„ Kali	2,5	5,3
„ Natron	19,4	14,2
Chlornatrium	23,1	Spur
Schwefelsaures Kali	11,8	Spur
Thonerde }	7,7	5,8
Eisenoxyd }		4,1
Kieselsäure	6,8	18,7
Phosphorsäure	Spur	Spur
Thon und Sand	—	12,2
Summa	347,3	150,4
Freie Kohlensäure in Gewichtstheilen	98,8	86,0

Ferner liegen 4 Analysen von Krocker vor, zu denen ich noch bemerke, daß

I. von einem Felde herrührt, welches 1852 drainirt wurde; 30 Morgen groß; die Röhren 4' tief bei 30' Entfernung; der Untergrund von 12 Morgen besteht aus einer an kohlensaurem Kalke reichen Lette, der übrige enthält nur wenig kohlensauren Kalk. Die Ackerkrume ist fast überall von streng thoniger Beschaffenheit.

II. Drainwasser desselben Feldes, am 1. Mai untersucht, nachdem 218 rheinl. Zoll Regen gefallen waren.

III. von einem Felde, welches 18 Morgen groß und im Juni 1853 drainirt worden. Das ablaufende Wasser wird in einen Hauptdrains, welcher auch das des vorigen aufnimmt, geführt; die Ackerkrume steht der des obigen Feldes sehr nahe; Untergrund durchgehends kalkhaltige Lette; das Wasser im October untersucht.

IV. Wasser von einem Felde, welches 1852 drainirt; 15 Morgen groß; im October aufgefangen; die kalkhaltige Lette liegt hier tiefer, oft 5—6' überlagert von sandig-kiesigem Boden; der Boden früher sehr naß, jetzt trocken.

In 10,000 Theilen.

	I	II	III	IV
Organische Substanz .	0,250	0,244	0,155	0,063
Kohlensaurer Kalk . .	0,837	0,840	1,266	0,794
Schwefelsaurer Kalk. .	2,084	2,095	1,139	0,166
Salpetersaurer Kalk. .	0,023	0,020	0,014	0,024
Kohlensaure Magnesia .	0,701	0,691	0,466	0,269
Kohlensaur. Eisenoxydul	0,043	0,037	0,037	0,017
Kali	0,023	0,021	0,020	0,016
Natron	0,109	0,152	0,126	0,098
Chlornatrium	0,076	0,080	0,068	0,025
Kieselsäure	0,073	0,070	0,063	0,050
	4,219	4,250	3,354	1,522

Ferner führe ich noch die Untersuchungen von 7 Drainwassern von Way an.

1. 1852 drainirt; 1852 mit Guano, Superphosphat oder getrocknetem Blut und Superphosphat zu Rüben gedüngt; 1853 Weizen; 1854 Rüben und 1855 mit 4 Ctr. Guano zu Weizen gedüngt.

2. 1852—1853 drainirt; 1852 mit Hopfen bepflanzt; 1853 mit 5 Ctr. Guano und 5 Ctr. Superphosphat; 1854 mit 15 Ctr. Hornspänen und 200 Bushels Kalk und 1855 mit 3 Ctr. Guano pr. Acre gedüngt; der Hopfen steht sehr gut.

3. 1853—1854 drainirt; 1854 mit 6 Ctr. Guano und 6 Ctr. Superphosphat und 1855 mit 30 Ctr. Lumpen (rags) gedüngt.

4. Vor circa 10 Jahren drainirt; Boden kiesig, auf Thon liegend; 1854 mit 4 Ctr. Guano zu Weizen gedüngt.

5. 1852—1853 drainirt; 1853 mit getrocknetem Blut und Superphosphat zu Turnips gedüngt; 1854 Weizen, 4 Ctr. Guano.

6. Vor circa 14 Jahren drainirt; reicher Lehmboden, 3—8' tief, tief Kies liegend, seit 25 Jahren in guter Kultur; jedes Jahr gedüngt und zwar entweder mit 30 Tonnen gutem Stallmist oder 30 Ctr. Lumpen, Haaren 2c.; im letzten Jahre erhielt er 40 Tonnen Dung pr. Acre.

7. 1846 drainirt, mit Hopfen bestellt; 1855 mit 15 Ctr. Hornspänen und Kalksilicat gedüngt; vorher stets reichlich gedüngt.

Alle Drains liegen in einer Tiefe von 4—5 Fuß, die ersten 6 Wässer am 26. Decbr. 1855, das 7. am 27. December genommen.

Ein Imperial-Gallon (= 3,968 preuß.) Quart enthält:

	1. Grains.	2. Grains.	3. Grains.	4. Grains.	5. Grains.	6. Grains.	7. Grains.
Kali	Spur	Spur	0,02	0,05	Spur	0,22	Spur
Natron	1,00	2,17	1,26	0,87	1,42	1,40	3,20
Kalkerde	4,85	7,19	6,05	2,26	2,52	5,82	13,00
Magnesia	0,68	2,32	2,48	0,41	0,21	0,93	2,50
Eisenoxyd u. Thonerde	0,40	0,05	0,10	keine	1,30	0,35	0,50
Kieselsäure	0,95	0,45	0,55	1,20	1,80	0,65	0,85
Chlor	0,70	1,10	1,27	0,81	1,26	1,21	2,62
Schwefelsäure . . .	1,65	5,15	4,40	1,71	1,29	3,12	9,51
Phosphorsäure . . .	Spur	0,12	Spur	Spur	0,08	0,06	0,12
Organische Substanz .	7,00	7,40	12,50	5,60	5,70	5,80	7,40
Salpetersäure . . .	7,17	14,74	12,72	1,95	3,45	8,05	11,45
Ammoniac	0,018	0,018	0,018	0,012	0,018	0,018	0,006

§. 117.

2. Liebig's Theorie von der Aufnahme der Pflanzennährstoffe durch die Pflanze.

Wir haben jetzt die beiden Factoren kennen gelernt, auf welche gestützt, v. Liebig im Jahre 1857, eine neue Theorie über die Art der Aufnahme der Nährstoffe durch die Pflanze aufstellte.

v. Liebig sagte: „Wir haben geglaubt, daß die Pflanzen ihre Nahrung aus einer Lösung empfangen; daß die Schnelligkeit ihrer Wirkung mit ihrer Löslichkeit in nächster Beziehung stehe. Durch das Regenwasser im Verein mit der Kohlensäure würden die wirksamen Bestandtheile derselben den Pflanzenwurzeln zugeführt.“

„Wir haben gelehrt, daß ein Nahrungsmittel in dem Boden, entfernt von jeder Wurzelfaser, die Pflanze ernähren könne, wenn sich zwischen der Faser und dem Nahrungsstoff Wassertheilchen befänden, die denselben aufzulösen vermögen. In Folge der Verdunstung durch die Blätter saugen die Wurzeln die Wassertheilchen auf, die in dieser Weise alle zusammen eine Bewegung nach der Wurzelfaser hin empfangen; mit den Wassertheilchen bewege sich der gelöste Stoff. Das Wasser, so glaubten wir, ist der Karren,

der die entfernten Bodenbestandtheile in die Nähe und unmittelbare Berührung mit der Pflanze bringt?

„Alles dies ist ein großer Irrthum gewesen."

Nachdem darauf v. Liebig die Absorptions-Fähigkeit der Ackererde und die Drainwasser besprochen, sagt er:

„Empfingen die Landpflanzen ihre Nahrung aus einer Lösung, so würden sie von dieser Lösung der Zeit nach und im Verhältniß nur so viel aufnehmen können, als Wasser durch ihre Blätter verdunstet, sie würden nur aufnehmen können, was die Lösung enthält und zuführt. Es ist ganz gewiß, daß das Wasser, welches den Boden durchfeuchtet, so wie die Verdunstung durch die Blätter in dem Assimilationsprocesse als nothwendige Vermittelungsglieder mitwirken; allein in dem Boden besteht eine Polizei, welche die Pflanze vor einer schädlichen Zufuhr schützt; sie wählt aus. Was sie bedarf und was der Boden darbietet, kann nur dann in ihren Organismus übergehen, wenn eine innere, in der Wurzel thätige Ursache mitwirkt."

„Es ist wahrscheinlich, daß die größte Anzahl der Kulturpflanzen darauf angewiesen ist, ihre mineralische Nahrung direct von der Ackerkrume zu empfangen, und daß ihr Bestehen gefährdet wird, daß sie verkümmern und absterben, wenn ihnen diese Bestandtheile in einer Lösung zugeführt werden."

Zugleich führe ich noch eine Stelle aus demselben Werke an, wo v. Liebig über das Wasser spricht und demselben folgende Rolle zuschreibt: „Das Wasser spielt in der Vegetation eine doppelte Rolle: es liefert den Pflanzen in einem seiner Bestandtheile ein unentbehrliches Element und dann dient es, um die Bodenbestandtheile durch die Wurzeln in die Pflanze übergehen zu machen." Ferner: „Die sonnenreichen warmen Tage . . . . . werden alsdann zu den gefährlichsten, namentlich für die Sommergewächse, welche nicht Zeit genug hatten, ihre Wurzeln in die Tiefe zu treiben, wo noch Feuchtigkeit ist, die ihnen Nahrung zuführen kann." Endlich: „Indem also das Wasser mehr Bodenbestandtheile zuführt, nehmen die Pflanzen mehr Kohlenstoff und Stickstoff auf u. s. w."

§. 118.

3. Beleuchtung der v. Liebig'schen Theorie.

Was zunächst das Absorptions-Vermögen des Bodens als den einen Stützpunkt der v. Liebig'schen Theorie anbetrifft, so haben

wir gesehen, daß gerade die beiden Hauptpunkte, welche hier in Betracht kommen, von v. Liebig anders aufgefaßt sind, als sie sich jetzt herausstellen. v. Liebig sagt: „Wenn Regen- oder ein anderes Wasser, welches Ammoniak, Kali, Phosphorsäure und Kieselsäure in aufgelöstem Zustande enthält, mit Ackererde zusammengebracht wird, so verschwinden diese Stoffe beinahe augenblicklich aus der Lösung; die Ackererde entzieht sie dem Wasser. Wir haben aber gesehen, daß, wenn eine Erde auch mit sehr verdünnten Lösungen der einzelnen Nährstoffe zusammenkommt, doch diese nie vollständig erschöpft werden, sondern daß stets noch eine gewisse Menge dieser Stoffe gelöst bleibt.

Während v. Liebig ferner über das Verhalten der absorbirten Stoffe gegen Wasser sagt: „Die Ackerkrume giebt an das Wasser für sich keinen dieser Nahrungsstoffe (Phosphorsäure, Kali, Ammoniak) ab", hat unsere frühere Betrachtung gezeigt, daß die Stoffe bei der Absorption nicht in einen unlöslichen Zustand übergeführt, sondern daß sie nur schwer löslich werden, so daß reines Wasser einen Theil der absorbirten Stoffe wieder aufzulösen vermag, daß aber die auflösende Kraft des Wassers durch Kohlensäure und verschiedene Salze, wie Ammoniak-, Kalk-, Magnesia- und Natronsalze erhöht wird. Da nun im Boden nicht nur Wasser, sondern auch Kohlensäure und die genannten Salze vorhanden sind, so werden auch die absorbirten Stoffe nach und nach wieder in Lösung übergeführt werden und somit auch die Pflanzen ihre Nahrung aus einer Lösung empfangen können.

Was ferner den zweiten Stützpunkt der v. Liebig'schen Theorie anbetrifft, nämlich die Beschaffenheit des Drainwassers, so zeigen die Analysen, daß in demselben die wichtigsten Pflanzennährstoffe wie, Ammoniak, Kali, Phosphorsäure, fast gar nicht oder wenigstens nur in sehr geringen Mengen vertreten sind. Würde nun das Drainwasser das Bodenwasser repräsentiren, so würde dies für die Theorie v. Liebig's sprechen. Daß dem aber nicht so sein kann, ist, glaube ich, sehr einfach nachzuweisen. Das Drainwasser hat, bevor es zu Tage tritt, eine Bodenschicht von 4—6' durchlaufen und an diese, nach den Gesetzen der Absorption, von den gelösten Stoffen — je nach ihrer Absorptions-Fähigkeit — mehr oder weniger abgegeben. Die Pflanze dagegen schickt ihre Wurzel vor Allem in die oberste Bodenschicht; wenn auch anderseits bekannt ist, daß dieselben 5—6' und noch tiefer gehen können, so werden sich doch im Allgemeinen die meisten bis zu einer Tiefe von 3' befinden. Daß das bis zu dieser Tiefe kreisende Boden-

wasser nicht ebenso beschaffen sein kann, wie das Drainwasser, ist ein Schluß, der aus der Absorptions-Fähigkeit des Bodens mit Bestimmtheit hervorgeht; deshalb kann aber auch nicht von der Beschaffenheit des Drainwassers auf die des Bodenwassers geschlossen werden. Aus dem Angeführten geht, meiner Ansicht nach, hervor, daß wir bis jetzt noch bei der Annahme, daß die Pflanzen ihre Nährstoffe aus einer Lösung empfangen, beharren dürfen.

Wenn v. Liebig ferner sagt, daß die meisten unserer Kulturpflanzen verkümmern und absterben, wenn ihnen ihre Nahrung in einer Lösung geboten werde, so muß dies nach dem, was die Versuche über das Wachsen von Landpflanzen in wässrigen Lösungen gelehrt haben, verneint werden.

Durch das bis jetzt Angeführte, glaube ich dargethan zu haben, daß die Pflanzen trotz der Absorptions-Fähigkeit des Bodens und trotz dem äußerst geringen Gehalte des Drainwassers an Pflanzennährstoffen ihre Nahrung aus einer Lösung empfangen können; ob dies aber trotzdem jetzt noch in der vollen Schärfe festgehalten werden kann, wird die weitere Betrachtung des Gegenstandes zeigen.

Im Jahre 1861 sagt v. Liebig in einer am 28. November in der Sitzung der Akademie zu München gehaltenen Festrede über die moderne Landwirthschaft in Betreff der Pflanzenernährung: „Sowie die Wurzel einer Pflanze die ihr nöthige Nahrung nur unendlich mit Wasser verdünnt aufnimmt und koncentrirte sie tödtet . . .“ Aus diesen Worten könnte man den Schluß ziehen, daß v. Liebig, wenn ich mich so ausdrücken darf, seine frühere Ansicht selbst aufgegeben habe; das ist aber nicht der Fall, denn in einer neuen Arbeit vom Jahre 1862 „der Boden“ überschrieben, bespricht v. Liebig einen Versuch von Zöller und Nägeli und findet in demselben eine neue Stütze für seine Theorie.

Diese Forscher haben bei dem Versuche, Bohnen in gepulvertem Torf allein, oder in solchem Torf, der 1/4 ferner 1/2 und endlich ganz mit den wichtigsten Nährstoffen: Kali, Ammoniak, Phosphorsäure — außerdem noch Kalk und Natron — gesättigt war, bis zur Samenreife gezogen.

Die Ernteerträge standen nicht im Verhältnisse zu dem Gehalte des Bodens an Nährstoffen, denn abgesehen von Topf 1 mit reinem Torfklein verhielten sich

	bei Topf 2.		Topf 3.		Topf 4.
die Düngermenge =	1	:	2	:	4
die Ernteerträge hiergegen =	2	:	2,8	:	4

Es sind also in dem verhältnißmäßig ärmeren Boden höhere Erträge erzielt worden; hieraus folgert v. Liebig „daß nur die

Bodenoberfläche wirksam sei, welche Nährstoffe enthalte, daß das Ertragsvermögen eines Bodens nicht im Verhältniß zur Quantität an Nährstoffen steht, welche die chemische Analyse darin nachweist, und daß nicht das Wasser durch sein Lösungsvermögen den Pflanzenwurzeln die aufgenommenen Nährstoffe zugeführt habe." Ich muß bekennen, daß ich die letzte Folgerung v. Liebig's nicht theilen kann. Wie v. Liebig daraus, daß der an Nährstoffen ärmste Boden verhältnißmäßig die höchsten Erträge gegeben hat, daß er noch einmal so viel an Ertrag ergab, als der Düngung entsprach, den genannten Schluß thun kann, weiß ich nicht. Bei den Töpfen mit gesättigterer Erde sind doch in der unmittelbaren Nähe der Wurzel 2 resp. 4mal so viel Nährstoffe gewesen, als bei dem anderen. Wenn die Wurzel nur die Stoffe da aufnimmt, wo sie in unmittelbare Berührung mit dem Boden kommt und Wasser keine Nährstoffe zuführt, so hat sie doch auch in den Töpfen 3 und 4 bei den einzelnen Erdtheilchen 2 resp. 4mal so viel Nahrung gefunden als bei Topf 2.

§. 119.

4. Besprechung der Arbeiten, welche pro und contra der v. Liebig'schen Theorie erschienen.

Diese Theorie v. Liebig's rief bald einen lebhaften und heftigen Streit pro und contra hervor, an welchem sich vor Allem Eichhorn, Wunder, Schuhmacher, Fraas und Zöller betheiligten. Diese Arbeiten werde ich hier so kurz als irgend möglich besprechen.

a. Die Arbeiten von Eichhorn und Wunder.

Eichhorn ließ lufttrockne, längere Zeit nicht gedüngte Gartenerde so viel Wasser aufnehmen, als sie capillarisch festzuhalten vermochte und untersuchte dasselbe dann, nachdem es 10 Tage auf die Erde eingewirkt hatte; die Trennung der Flüssigkeit von der Erde bewirkte er durch Hinzufügung von so viel Wasser als die Erde bereits enthielt und darauf folgende Filtration. Eichhorn fand nun, daß dies Wasser so viel Stoffe gelöst enthielt, als für eine gute Ernte erforderlich sind. Diese Versuche wurden dann von Wunder wiederholt und nicht bestätigt gefunden, da Wunder zu dem entgegengesetzten Resultate, daß nämlich die gelösten Stoffe zu einer Ernte nicht hinreichen, gelangte. Wunder trennte das Wasser

vermittelst der Luftpumpe vom Boden. Während Eichhorn die Resultate seiner Versuche als der Theorie v. Liebig's entgegenstehend betrachtete, sagt Wunder von den seinigen, daß sie mit derselben im Einklange stehen.

b. Die Arbeit Schuhmacher's.

Darauf trat Schuhmacher in einem größeren Aufsatze, 1862, gegen die v. Liebig'sche Theorie auf, in demselben bespricht er, nachdem er die v. Liebig'sche Ansicht und ihre Stützpunkte angeführt hat, zunächst die Nährstofflösung des Bodens, dann die Lysimeter-Versuche von Fraas und Zöller.

In Betreff dieser Lysimeter-Versuche bemerke ich, daß der zu denselben dienende Apparat, aus 2 Abtheilungen bestand, einen oberen Behälter $^1/_2$—1 Kubikfuß groß, welcher zur Aufnahme von Erde, und einen unteren, der zur Aufnahme des durch die Erde durchsickernden Wassers bestimmt war. Die Menge und die Beschaffenheit dieses Wassers wurde festgestellt.

Da nun die in den Lysimeter-Rückständen innerhalb einer bestimmten Zeit befindlichen Nährstoffe für eine Ernte nicht ausreichen und nach Zöller und Fraas die Zusammensetzung dieser Rückstände ein Bild von der Zusammensetzung einer im Boden enthaltenen Lösung geben muß, so schließen beide Experimentatoren aus ihren Versuchen, daß die Ansicht, daß den Pflanzen ihre Nahrung durch eine Lösung zugeführt wird, aufgegeben werden muß. Schuhmacher bestreitet die Richtigkeit dieses Schlusses und zwar mit Recht, da die Lysimeter-Lösungen kein Bild von den im Boden befindlichen Lösungen geben können. Dann geht Schuhmacher zur Betrachtung des Drainwassers über, von welchem er ebenfalls nachzuweisen versucht, daß es das im Boden befindliche Wasser nicht repräsentiren kann.

Hierauf bespricht er die Versuche von Eichhorn und Wunder, erklärt die ersteren als beweisfähig für seine Ansicht, daß die Pflanzen ihre Nährstoffe aus dem Boden in Lösungen empfangen, und sucht dasselbe trotz der entgegengesetzten Interpretation Wunder's, von den Versuchen desselben nachzuweisen. Nachdem Schuhmacher so wie er sagt, darzuthun versucht hat, daß denjenigen Versuchen, durch welche man die v. Liebig'sche Theorie zu stützen sucht, jede Beweiskraft abgeht, beschreibt er einen Versuch, durch welchen er feststellen will, ob eine Membran feste Stoffe aufnehmen kann, welche auf der einen Seite derselben befindlich, wenn auf der andern Seite derselben Lösungsmittel für dieselbe vorhanden sind;

er trennte so kohlensauren Kalk durch eine Membran von kohlensäurehaltigem Wasser und fand, daß letzteres lösend auf ersteren einzuwirken vermochte. Hieraus folgert Schuhmacher, daß die Pflanze von den Bodentheilchen direct mineralische Stoffe aufzunehmen vermag. Er unterscheidet nun bei unseren Landpflanzen Wasser- und Luftwurzel (?) und erklärt, daß die ersteren zur Aufnahme der aus der Lösung, die letzteren zur directen Aufnahme von den Bodentheilchen dienen. Er sagt dann ferner, daß „die Ernährung der Bodenpflanzen abhängig sei von der Gegenwart einer Nährstoff-Lösung im Boden; daß die Zuführung der Nahrungsstoffe aus der Bodenlösung unterstützt werde durch die Aufnahme der Nahrungsstoffe vermittelst der Bodenluftwurzeln direct von den Bodentheilen; letzteres könne bei trocknem Wetter und trockenem Boden von wesentlicher Bedeutung bei der Ernährung der Pflanze sein."

c. Entgegnungen von Wunder und Zöller.

Dieser Aufsatz Schuhmacher's rief heftige Entgegnungen Wunder's und Zöller's hervor; von denen ich hier nur anführe, daß Zöller in der seinigen die oben schon besprochenen Torfversuche beschreibt und dann noch folgenden Versuch anführt, welcher für die Frage höchst wichtig ist. Er sagt: Füllt man eine Röhre mit destillirtem Wasser, ertheilt dem letzteren durch einige Tropfen Salzsäure, Essigsäure u. s. w. eine saure Reaction und streut, nachdem die vollständig gefüllte Röhre mit einer Blase überbunden ist, etwas phosphorsauren Kalk, phosphorsaure Ammoniak-Magnesia u. s. w. auf die Blase, so läßt sich schon nach sehr kurzer Zeit in der Flüssigkeit der Röhre Phosphorsäure, Kalk, Ammoniak, Magnesia u. s. w. nachweisen.

Diese Versuche sind von mir mit mehreren Salzen wiederholt und bestätigt gefunden worden. Ich operirte unter anderm mit kohlensaurem und phosphorsaurem Kalk und schwefelsaurem Kali. In den Röhren, von denen die kohlensaure und phosphorsaure Kalkerde aufgenommen werden sollte, befand sich durch Essigsäure angesäuertes Wasser; in der andern reines Wasser. Der Vorgang ist hierbei folgender: Durch die Membran tritt die betreffende Flüssigkeit hindurch, löst das Salz auf und dann diffundirt dasselbe durch die Membran in die Lösung. Es tritt hierbei durch die Membran ebenfalls nur der gelöste Körper, die Lösung wird aber durch die Membran hindurch von der auf der andern Seite derselben befindlichen Flüssigkeit bewerkstelligt.

Zöller kommt dann zu dem Resultate, daß die Ernährung der Landpflanzen unabhängig sei von einer Nährstoff-Lösung im Boden: „Die Landpflanzen können direct von den Bodentheilen nicht gelöste Stoffe aufnehmen; sie gedeihen in Böden vortrefflich, in welchen sicherlich keine Lösung der gegebenen Nährstoffe vorhanden sein konnte."

d. Antwort Schuhmacher's. (Versuch von Karmrodt.)

Diesen Entgegnungen trat Schuhmacher mit einer nicht minder heftigen entgegen; aus derselben entnehme ich hier nur einen Versuch, welcher für die Frage von Wichtigkeit ist. Auf die Behauptung Zöller's, daß bei den Münchener Versuchen mit Torf die Pflanzen in dem letzteren keine Lösung von Nährstoffen gefunden und deshalb ihre Nahrung direct von dem Torf hätten aufnehmen müssen, veranlaßte Schuhmacher Karmrodt folgenden Versuch anzustellen: Torf wurde ähnlich so, wie der Zöller's präparirt, mit Wasser übergossen, so daß er mäßig feucht, aber nicht mit Wasser gesättigt war. Nach 8tägigem Stehen wurde darauf ein Theil desselben ausgepreßt und die so erhaltene Lösung untersucht, in welcher alle Stoffe, mit denen der Torf imprägnirt war, gefunden wurden. Dies Resultat benutzt dann Schuhmacher als Beweis, daß das bei den Zöller'schen Versuchen im Torfe capillarisch festgehaltene Wasser verhältnißmäßig beträchtliche Menge Nährstoffe gelöst enthalten hätte, daß die Schlüsse, welche Zöller aus denselben gezogen hatte, falsch und daß sie somit für die Liebig'sche Theorie ohne Beweiskraft sind. Die Entgegnung Zöller's, welche hierauf folgte, übergehe ich, da sie für die vorliegende Frage nichts wesentliches darbietet und führe nur noch einen Versuch von Stohmann an.

e. Versuch von Stohmann.

Stohmann übergoß Torf mit Mistjauche, entfernte nach Berührung von einigen Stunden, dieselbe vom Torf, wusch denselben dann während 3 Wochen so lange mit Wasser aus, bis derselbe nichts lösliches mehr enthielt und benutzte diesen Torf entweder für sich oder zur Hälfte oder zu $^3/_4$ mit rohem Torf gemischt, zu Versuchen mit Mais, wobei außerdem noch der rohe Torf für sich angewendet wurde.

Die hierbei erhaltenen Resultate sind folgende:

	Roher Torf.	Ein Viertel gesättigter Torf.	Ein halb gesättigter Torf.	Ganz gesättigter Torf.
Die Düngermenge .	0.	1.	2.	4.
Die Erträge . . .	17,5	282	368	836
	1	14,4	21,0	47,8
Der Körnerertrag .	0	1,5	15,5	153,0
		1	10,3	102,0

Stohmann schließt aus diesen Versuchen: „durch dieselben wird eine weitere Bestätigung der Lehre v. Liebig's geliefert: daß die Pflanzen ihre Nährstoffe unter normalen Verhältnissen, nicht aus im Boden circulirenden Lösungen, sondern unter Vermittelung des Wassers direct durch die Ackerkrume aufnehmen und daß die Ackerkrume die ihr in Lösung zugeführten Nährstoffe der Pflanzen in unlösliche, durch Wasser nicht auswaschbare Verbindungen verwandele."

§. 120.

5. Die Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanze.

Wie haben wir uns denn nach allem Diesem die Aufnahme der Pflanzennährstoffe in die Pflanze zu denken? Bleibt die frühere Ansicht, daß die Pflanzen ihre Nahrung aus einer im Boden befindlichen Lösung erhalte, unerschüttert? Diese Frage können wir mit Bestimmtheit mit „Nein" beantworten. Daß schon v. Liebig im Jahre 1857, wo erst ein kleiner Theil von den jetzt bekannten Absorptions-Versuchen vorlagen und die anderweitig jetzt vorliegenden Thatsachen noch gar nicht bekannt waren, die bisherige Ansicht von der Ernährung der Pflanze für falsch erklärte, zeigt uns wieder die Genialität des Mannes, durch die schon seit seinem Auftreten zum Heile der Wissenschaft so manche Revolution in derselben hervorgerufen ist, daß aber v. Liebig damals etwas zu weit gegangen ist, glaube ich dargethan zu haben. Ohne den Ausspruch v. Liebig's jedoch würde sicherlich unsere Ansicht von der Ernährung der Pflanzen nicht so geklärt sein, wie dies jetzt der Fall ist.

a. Die äußere Thätigkeit der Pflanzen bei der Aufnahme ihrer Nährstoffe.

Wir müssen jetzt die Passivität der Pflanzen bei ihrer Ernährung, welche von einem großen Theil der Physiologen bis dahin

angenommen wurde, aufgeben; wir müssen uns die Pflanze activ bei Aufnahme ihrer Nährstoffe denken Wir wissen jetzt, daß die Vertheilung eines Dungstoffes im Boden nur sehr langsam vor sich geht. Der erste Schluß, den wir hieraus zu ziehen haben, ist der, daß die Wurzeln der Pflanzen ihrer Nahrung im Boden nachgehen, oder mit anderen Worten: daß die Wurzeln einer Pflanze sich vorzüglich da entwickeln, wo sie im Boden die ihnen nothwendigen Nährstoffe finden, z. B. das Gerstenkorn entsendet bei der Keimung mehrere Würzelchen in den Boden; diese bilden sich aber im Boden nicht alle gleichmäßig aus, sondern diejenige oder diejenigen, welche am meisten Nahrung da, wo sie sind, vorfinden, erhalten dadurch auch die Kraft, sich vor Allem zu entwickeln und übernehmen dann vornehmlich die Ernährung der Pflanze.

Daß dem so ist, zeigt uns ein sehr hübscher schon von Sprengel angestellter Versuch. Sprengel theilte einen 18" hohen und 14" im Durchmesser haltenden Kübel, von der Mitte aus, mittelst dünner Bretter, in 6 genau schließende Fächer. Sämmtliche Fächer füllte er mit Gartenerde an; die eine derselben war vorher mit etwas kohlensaurem Kali, die zweite mit etwas Knochenpulver, die dritte mit etwas Kochsalz, die vierte mit etwas Gyps, die fünfte mit etwas Kali, Knochenpulver und Gyps gemischt; die sechste dagegen blieb unvermischt. Auf der Mitte des Kübels wurde dann ein anderes 12" hohes und 10" im Durchmesser haltendes Gefäß, welches ohne Boden und gleichfalls mit Gartenerde gefüllt war, gestellt und in dieses am 24. April eine mit vielen, an 6" langen Wurzeln versehene Pflanze des gemeinen Wiesenklees gepflanzt. Die Erde der beiden Kästen wurde mit Regenwasser beständig feucht erhalten.

Bei der Ernte zeigte sich nun, daß das Fach des unteren Kastens, in dem die Erde mit Knochenpulver gemischt war, die meisten und stärksten Wurzeln hatte, während die wenigsten und feinsten in der mit Kochsalz gemischten Erde waren.

Einen anderen Beweis hierfür liefert Carus durch Folgendes:

In dem sandigen Kirchhofsboden zu Camenz in der Oberlausitz fand sich, daß eine gefällte Linde 3 starke, schräg eindringende cylindrische Pfahlwurzeln gegen 3 Ellen tief, auseinanderweichend in den Boden gesenkt hatte, daß dann mit einem Male jeder dieser Wurzelstämme in unendliche Wurzelfasern sich auflöste, um ein dichtes gegen 3 Ellen langes und nicht ganz eine Elle hohes und breites Geflecht und Gewirr zu bilden, zwischen welchen dann Reste menschlicher Gebeine sich eingeschlossen und festgehalten fanden. Die Auflösung des Räthsels dieser seltsamen Erscheinung wurde darin gefunden, daß früher an dieser Stelle 3 Särge in den lockern, trocknen, sandigen Boden versenkt worden waren, daß man zwischen sie eine junge Linde gepflanzt hatte, und daß die durstigen Wurzeln

des Baumes, Feuchtigkeit und Nahrung suchend, in den 3 Richtungen nach diesen Särgen hin, zunächst mit geringer Theilung fortgewachsen waren. So wie Holz und Körper vermoderten, durchdrang und durchflocht die Verbreitung der Wurzelfasern mehr und inniger die Reste der Särge, ja die zerfallenen Knochen, so daß die Linde wachsend und sich nährend von den Ueberresten der Todten, ein lebendiges Epitaphium war für die unter ihrem Boden verwesenden Leichen.

Ferner sei hier noch folgender schöner Versuch von Nobbe erwähnt:

Nobbe präparirte 2 Salzgemische, von denen

A aus	B aus
3 Aequ. phosphorsaurem Kalk	1 Aequ. phosphorsaurem Kali
1 „ Bittersalz	1 „ Kalksalpeter
1 „ Pottasche	1 „ schwefelsaurem Ammoniac
1 „ kieselsaurem Natron	

bestand. Diese wurden in zwei parallelen Reihen (je zu 6 Glascylindern) in der rohen Erde — einer nahrungsarmen, thonigen Erde — welche zuvor geglühet und gröblich gesiebt war, in verschiedener Weise localisirt. Von A wurden hierbei je 2,5 Grm. und von B je 3 Grm. mit der 20 – 30fachen Menge roher Erde innig zerrieben und wie sogleich angegeben, in den Cylindern vertheilt:

Cylinder I und VII: die Salzgemische sind homogen mit der rohen Erdmasse gemengt;

Cylinder II und VIII: sie bilden eine sehr dünne Horizontalschicht am Boden des Cylinders;

Cylinder III und IX: sie bilden eine solche in mittlerer Höhe des Cylinders;

Cylinder IV und X: sie bilden eine solche 3—4 Centimeter tief unter der Oberfläche;

Cylinder V und XI: sie bilden einen verticalen, peripherischen Cylindermantel;

Cylinder VI und XII: sie bilden einen Vertical-Cylinder in der Axe des Glasgefäßes.

Als Versuchspflanze diente badischer Mais.

Die Resultate in Betreff der Wurzelbildung giebt Nobbe wie folgt an:

In Cylinder I und VII verläuft der Wurzelkörper in cylindrischer Gesammtform bis zum Boden hinab; die Nebenwurzelbildung nicht erkennbar, örtlich differencirt.

In den Cylindern II und VIII überlagert in der Tiefe, in der die Dungstoffe befindlich, eine dichte, perrückenartige Wolke der feinsten Wurzelfasern die tieferen und verjüngten Partien des Wurzelsystems.

In den Cylindern III und IX zeigt der Wurzelkörper in der gedüngten Region eine flach gedrückt sphäroidische Ausbauchung.

In den Cylindern IV und X hat vorzugsweise an den äußeren Wurzelsträngen und zwar von oben bis unten in ziemlich gleichmäßiger Dichtigkeit,

eine Auszweigung stattgefunden; die im Innern hinablaufenden Stränge sind verhältnißmäßig ärmer an Nebenwurzeln.

In den Cylindern V und XI ist in den inneren Strängen die Individualisirung begünstigt.

In den Cylindern VI und XII ist in dem einen ein langgedehntes und wenig verzweigtes Fasersystem erzeugt, welches erst am Boden eine Hauptentwickelung erlangt hat; in dem andern dagegen sind die primitiven Wurzelstränge überhaupt nicht bis zum Boden gelangt und sehr dürftig entwickelt.

Durch diese Thatsachen, von denen noch mehrere aufgeführt werden könnten, hoffe ich, daß der Satz: „die Wurzeln gehen im Boden ihrer Nahrung nach — bei welchem Ausdrucke ich jetzt nicht mehr glaube mißverstanden werden zu können — bewiesen ist. Wir haben so eine Thätigkeit, welche von den Pflanzen bei ihrer Ernährung ausgeübt wird, besprochen; diese möchte ich als die äußere bezeichnen.

§. 121.

6. Die innere oder chemische Thätigkeit der Pflanzen bei der Aufnahme.

Außer dieser äußeren Thätigkeit der Pflanzen ist ferner noch eine „innere" zu nennen, welche den Uebergang der Nährstoffe aus dem Boden in die Pflanze vermittelt. Diese innere oder auch chemische Thätigkeit der Pflanze besteht darin, daß sie selbst sich die ihr nothwendige Lösung im Boden präparirt. Die wichtigsten Nährstoffe der Pflanze sind im Boden in schwerlöslichen Verbindungen vorhanden, welche zwar durch Wasser, noch mehr durch Kohlensäure und durch gewisse Salze zum Theil wieder in Lösung übergeführt und so der Pflanze in löslicher Form geboten werden können; die so der Pflanze dargebotene Menge von Nährstoffen reichen aber für ihren Bedarf nicht aus, was nach dem bis jetzt vorliegenden kaum noch zweifelhaft sein kann.

Auf welche Weise wirkt denn die Pflanze hierbei mit?

Wiegmann machte zunächst darauf aufmerksam, daß die Pflanzen durch die Wurzeln eine flüchtige Säure, welche er für Kohlensäure hielt, ausscheiden.

Den Beweis hierfür lieferte er dadurch, daß er lebende Pflanzen mit ihren unverletzten, wohlgerathenen Wurzeln in eine wässrige Lackmuslösung brachte und darin vegetiren ließ. Nach kurzer Zeit hatte sich die blaue Lösung geröthet und diese Röthung ging durch Kochen unter Entweichung von Bläschen — nach Wiegmann Kohlensäurebläschen — wieder in die

blaue über. Dieser Versuch, der sehr leicht anzustellen, ist von mir mehrfach wiederholt und bestätigt befunden worden.

In Betreff der Natur der flüchtigen Säure mache ich auf den von mir in meiner Abhandlung: „Ueber das Keimen der Gerste" beschriebenen Versuch aufmerksam, daß beim Keimen der Gerste Essigsäure gebildet und von den Würzelchen ausgeschieden wird.

Ferner muß hier noch erwähnt werden, was auch Knop und Stohmann in den früher von ihnen citirten Arbeiten anführen, daß die Säfte der Wurzel sauer reagiren; dies läßt sich leicht dadurch nachweisen, daß man die Wurzeln zwischen blaues Lackmuspapier drückt: man wird stets auf dem Papier den rothen Abdruck der betreffenden Wurzeln finden. Die Ausscheidung von Kohlensäure durch die Wurzeln ist ferner noch unter Andern von v. Liebig, Heerd und Knop beobachtet worden.

Die innere oder chemische Thätigkeit der Pflanze besteht also darin, daß sie aus den Wurzeln Kohlensäure und gewiß noch andere Säuren ausscheidet und dadurch auf die Nährstoffe des Bodens lösend einwirkt, sich also so die ihr nothwendige Lösung der Nährstoffe selbst präparirt, anderseits darin, daß sie sich mit den Wurzeln an die Bodentheilchen eng anlegt und aus denselben vermöge der sauren Beschaffenheit der Säfte direct Nährstoffe aufnimmt.

Diese chemische Thätigkeit der Pflanze ist bewiesen:

1. Durch die Thatsache, daß die Wurzeln Kohlensäure ausscheiden und daß die Wurzelsäfte sauer reagiren.

2. Durch die Thatsache, daß schwach saure Flüssigkeiten, welche von festen, unlöslichen Nährstoffen durch ein Membran getrennt sind, dieselbe durch letztere aufnehmen können.

3. Durch die Versuche mit mit Nährstoffen gesättigten Boden, von denen nach meiner Ansicht vor Allem die von Stohmann angestellten wichtig und beweiskräftig sind.

4. Durch folgende Beobachtungen, welche ich im vergangenen Sommer zu machen Gelegenheit hatte. Von der Annahme ausgehend, daß man die chemische Thätigkeit der Wurzeln, welche in der Lösung von an denselben befindlichen unlöslichen Stoffen besteht — und welche Sachs dadurch zu constatiren sucht, daß er Maispflänzchen zwischen polirten, zusammen gebundenen Marmorplatten, die in Erde gestellt waren legte und hier beobachtete, daß die Stellen der polirten Flächen, welche mit den Wurzeln in Berührung gewesen, rauh geworden waren, — man am besten im Gebirge würde beobachten können, benutzte ich einen Aufenthalt von einigen Tagen im Harz, um hierhin bezügliches Material zu erhalten und war so glücklich, meine Voraussetzung vollständig bestätigt zu finden. Im

Bodethale fand ich nämlich verschiedene Stücke von Thonschiefer und Granit, auf denen entweder schon mit dem bloßen Auge, noch besser mit der Lupe, Wurzelabdrücke zu bemerken waren, oder auf denen sich die feinen Saugwurzel der Bäume so fest gewachsen befanden, daß eine Trennung derselben, ohne Zerreißen unmöglich war; bei der Wegnahme zeigten sich auch hier die Abdrücke der Wurzel sehr schön. Derartige Stücke sind durchaus entscheidend für die Ansicht von der chemischen Thätigkeit der Wurzeln, denn ohne diese ist das Wachsen von Wurzeln unmittelbar auf dem Gestein und die Enstehung der Abdrücke der Wurzeln auf demselben undenkbar.

Referiren wir jetzt in Kürze nochmals das soeben Besprochene, so sehen wir, daß die Activität der Pflanze bei der Aufnahme ihrer Nährstoffe aus dem Boden in einer äußeren und inneren besteht; die äußere zeigt sich dadurch, daß sich die Wurzeln vor Allem da entwickeln, wo sie Nahrung vorfinden und die innere dadurch, daß sich die Pflanze durch ihre Wurzel die ihr passende Lösung im Boden selbst präparirt.

§. 121.

6. In welcher Verbindung treten die Nährstoffe in die Pflanzen ein?

Diese Frage läßt sich bis jetzt leider noch nicht mit voller Bestimmtheit beantworten, jedoch können wir aus der Art, wie die Pflanzennährstoffe vom Boden absorbirt und wie sie wieder gelöst werden, doch schon manches entnehmen.

a. Die Basen.

α. Kali.

Das Kali befindet sich im Boden entweder als wasserhaltiges Silicat, als humussaures Salz, oder durch Flächenanziehung in der Form eines Salzes gebunden. Das durch Flächen-Anziehung vom Boden festgehaltene Kali kann einfach durch Wasser wieder gelöst werden; anders verhält es sich indeß mit dem als humussaures Salz oder als wasserhaltiges Silicat im Boden vorkommenden Kali. Beide Verbindungen können zwar ebenfalls durch Wasser allmählig gelöst, resp. denselben Kali entzogen werden, indeß ist die hierdurch entstehende Lösung eine so verdünnte, daß sie für den Bedarf der Pflanze nicht ausreichen würde; bei diesen muß daher noch ein anderer Factor hinzukommen. Diesen Factor finden wir zunächst

in der Kohlensäure und den anderen Säuren, wie sie im Boden vorhanden und durch den Boden erzeugt oder durch die Pflanze in denselben geführt werden. Daß schon Kohlensäure auf die wasserhaltigen Silicate lösend einzuwirken vermag, zeigt folgender Versuch von mir mit einem wasserhaltigen Natronsilicat.

0,61 Grm. eines wasserhaltigen Silicats welcher in 100 Theilen nach Abzug des Wassers, dessen Menge 11,67% betrug,

aus 61,240 Kieselsäure
23,256 Thonerde und
15,504 Natron

bestand, wurden in 100 Grm. Wasser suspendirt und 1 Stunde lang mit sorgfältig gewaschener Kohlensäure (dieselbe war über Marmorstückchen geleitet, und so sicher frei von Salzsäure) digerirt. Von den 0,0895 Grm. Natron, welche in dem Silicat enthalten waren, wurden in dieser Zeit von der Kohlensänre 0,0101 Grm. gelöst.

Durch die Kohlensäure wird also das Kali der Pflanze als kohlensaures Salz und zwar wahrscheinlich als doppeltkohlensaures geboten; die anderen Säuren führen es der Pflanze als entsprechend anderes Salz zu. Ferner wirken auf die wasserhaltigen Silicate andere Salze z. B. Gyps, Kochsalz &c. ein, wodurch denselben das Kali in der Weise entzogen wird, daß sich z. B. beim Gyps der Kalk desselben mit dem Kali des Silicats umsetzt und in diesem Falle dasselbe der Pflanze als schwefelsaures Kali geboten wird; ähnlich wirken andere Salze.

β. Ammoniac.

In Betreff des Ammoniak gilt dasselbe, was soeben von dem Kali angeführt worden ist, auch dieses finden wir im Boden in derselben Form, wie das Kali, daher können wir auch hieraus schließen, daß es von der Pflanze in den angeführten Formen aufgenommen wird.

Jedoch nicht alles Ammoniac, welches zum Boden in dieser Form gebracht wird, oder welches sich aus stickstoffhaltigen Stoffen im Boden bildet, bleibt im Boden in der Form, sondern ein Theil wird, wie wir beim Stickstoff p. 102 gesehen haben, verbrannt, d. h. zu Salpetersäure oxydirt und dann als solche aufgenommen.

γ. Natron.

Das Natron finden wir im Allgemeinen im Boden vorherrschend als Chlornatrium, dann aber auch als humussaures Salz und als Silicat; erstere Verbindung ist an und für sich löslich, die anderen werden auf dieselbe Weise wie beim Kali angegeben, in Lösung übergeführt.

δ. Kalk.

Der Kalk kommt im Boden als kohlensaures, humussaures Salz, als Silicat-Verbindung und durch Flächen-Anziehung gebunden, in einer Salzform, vor. In Betreff des phosphorsauren Kalks verweise ich auf die Phosphorsäure. Der kohlensaure Kalk wird durch kohlensäurehaltiges Wasser in löslichen, doppelt kohlensauren Kalk übergeführt; von den anderen gilt dasselbe, was von denselben Verbindungen beim Kali angegeben ist.

ε. Magnesia.

Die Magnesia ist im Boden als kohlensaure, phosphorsaure Ammoniac-Magnesia, humussaure Magnesia, als Silicat-Verbindung und in Form eines Salzes durch Flächen-Anziehung gebunden enthalten. In Betreff der Löslichmachung derselben gilt das beim Kalk angeführte. Wegen der phosphorsaurem Ammoniac-Magnesia siehe Phosphorsäure.

ζ. Eisen.

Das Eisen ist in jedem in Cultur stehenden Boden als Oxydverbindung vorhanden und zwar finden wir es als Eisenoxydhydrat, phosphorsaures Eisenoxyd und wasserhaltiges Silicat. Die Aufnahme des Eisens in die Pflanze geschieht wahrscheinlich nur als phosphorsaures Salz.

§. 122.

b. Die Säuren.

α. Phosphorsäure.

Die Phosphorsäure finden wir im Boden als phosphorsaures Eisenoxyd, phosphorsaure Thonerde und phosphorsaure Ammoniac-Magnesia; phosphorsaure Kalkerde wird dagegen nur vorübergehend im Boden gefunden werden können, wie folgender Versuch von P. Thénard zeigt.

Er brachte 50 Grm. aus zersetztem Jurafels entstandene Erde in eine Flasche mit kohlensäurehaltigem Wasser, welches mit phosphorsaurem Kalk gesättigt war, verschloß die Flasche und schüttelte mehrfach um. Nach Verlauf von 3—4 Tagen untersuchte er die Lösung auf Phosphorsäure und fand keine Spur derselben davon. Wenn statt Erde Eisenoxyd und Thonerde angewendet wird, so erhält man dasselbe Resultat. Da nun in jedem Boden eine genügende Menge von Eisenoxydhydrat und Thonerdehydrat vor-

handen ist, so ist der Schluß, daß zum Boden in Form von phosphorsaurem Kalk gebrachte Phosphorsäure bald an Eisenoxyd oder Thonerde übergegangen sein wird, sicher ein gerechtfertigter.

In Verbindung mit Eisenoxyd oder Thonerde kann nun nicht alle Phosphorsäure, welche die Pflanze gebraucht aufgenommen werden, da unsere Kulturpflanzen einerseits keine Thonerde und nur wenig Eisen enthalten und anderseits die Verbindungen dieser Basen mit Phosphorsäure sehr schwer löslich sind, so daß Wasser nur äußerst wenig von denselben zu lösen vermag.

Auch kohlensäurehaltiges Wasser kann von diesen Verbindungen nur äußerst geringe Menge in Lösung überführen, denn nach einem Versuch von mir löste kohlensäurehaltiges Wasser von phosphorsaurer Thonerde nur 0,208% auf. Thénard nennt sie sogar in kohlensäurehaltigem Wasser unlöslich was aber nicht ganz richtig ist, da sie nur als sehr schwer löslich zu bezeichnen ist.

Aber wären diese phosphorsauren Verbindungen auch viel leichter löslich, so würde die Pflanze die Phosphorsäure in dieser Form doch nicht aufnehmen können. Es muß also vor der Aufnahme derselben durch chemische Thätigkeit des Bodens eine Umsetzung der Salze stattfinden. Wie geschieht diese? Dirigirt man phosphorsaures Eisenoxyd mit kohlensauren Alkalien, so wird Phosphorsäure gelöst, indem sich phosphorsaures Alkali bildet. Phosphorsaure Thonerde wird als solche von kohlensauren Alkalien gelöst. Wenn nun kohlensaures Alkali im Boden als solches nachgewiesen werden kann, so würde die Umsetzung der schwer löslichen Verbindungen der Phosphorsäure und ihre Aufnahme in die Pflanzen leicht erklärlich sein. Wie wir beim Kali gesehen haben, ist im Boden kohlensaures Kali vorhanden, entstanden durch Zersetzung der Silicate vermittelst der Kohlensäure der Luft des Bodens; dasselbe gilt in Betreff des Natrons. Diese kohlensauren Alkalien wirken zerlegend auf die phosphorsauren Verbindungen ein und führen Phosphorsäure in Lösung über. Außer den kohlensauren Alkalien werden auch noch andere Bodenbestandtheile auf die phosphorsauren Verbindung lösend einwirken, so hat z. B. v. Liebig gezeigt, daß schwefelsaures Ammoniak, Chlornatrium, salpetersaures Natron, phosphorsaure Ammoniak-Magnesia löslich zu machen im Stande sind; den kohlensauren Alkalien wird aber jedenfalls, da die Phosphorsäure vorherrschend als phosphorsaures Eisenoxyd und phosphorsaure Thonerde im Boden vorhanden ist, ein wichtiger Antheil bei der Löslichmachung der Phosphorsäure und ihre Ueberführung in die Pflanze vindicirt werden müssen.

β. Schwefelsäure.

Das Absorptions-Vermögen des Bodens gegen Schwefelsäure ist im Vergleich zu dem der bis jetzt betrachteten Pflanzennährstoffe ein schwaches. Nach meiner Ansicht wird dieselbe nur in Form der betreffenden Salzverbindung, in der sie zum Boden gebracht, oder sich in demselben bildet, durch Flächenanziehung festgehalten. Wir werden sie daher im Boden vor allem auch nur mit den Basen in Verbindung treffen, gegen die der Boden das schwächere Absorptions-Vermögen besitzt; es sind dies Eisenoxyd, Kalkerde und Natron, daher werden auch die schwefelsauren Salze dieser Basen vorherrschend die Formen sein, in denen die Pflanze die Schwefelsäure aufnimmt; ich sage vorherrschend, denn daß dieselbe auch in Form von schwefelsaurem Kali und Ammoniac in die Pflanze wird übertreten können, zeigt die Betrachtung der Aufnahme dieser Basen.

γ. Die Kieselsäure.

Die Kieselsäure ist im Boden als freie Säure und als Silicatverbindung enthalten; die Silicate, seien es wasserhaltige oder wasserfreie werden im Boden durch Kohlensäure, kohlensauren Kalk u. s. w. umgesetzt, wobei kieselsaures Alkali entsteht. Bei der als freien Säure im Boden vorkommenden Kieselsäure kann natürlich nur von der in löslicher Modification vorhandenen hier die Rede sein. Diese Betrachtung zeigt uns, daß die Kieselsäure als solche sowie als kieselsaures Alkali wird aufgenommen werden.

δ. Salpetersäure.

Die Salpetersäure entzieht sich ganz der Absorption, wir finden sie daher im Boden stets in löslicher Form, also sowohl an die Alkalien, wie an die alkalischen Erden gebunden. In welcher Verbindung sie vorherrschend von der Pflanze wird aufgenommen werden, ob als salpetersaures Ammoniac, welches Salz, wie die Versuche zeigen, der Pflanze sehr zuträglich ist und welches sehr gut diffundirt, oder in anderer Verbindung ist bis jetzt noch nicht mit Bestimmtheit anzugeben.

ε. Chlor.

Da das Chlor ebenfalls nicht zu den Stoffen gehört, gegen die der Boden Absorptions-Vermögen besitzt, so finden wir dasselbe auch stets in löslicher Form im Boden als Chlornatrium, Chlorcalcium, aber auch als Chlorkalium, Chlormagnesium, Chlorammo-

nium; von diesen Verbindungen ist sicherlich das Chlornatrium die am allgemeinsten vorkommende und daher auch diese gewiß die Form, in welcher das Chlor vornehmlich von den Pflanzen aufgenommen wird.

---

§. 124.

Kurze Wiederholung.

1. Das Drainwasser enthält von den wichtigsten Pflanzennährstoffen wie Ammoniac, Kali und Phosphorsäure, nur sehr geringe Mengen.

2. Im Jahre 1857 verwarf v. Liebig, gestützt auf das Absorptions-Vermögen des Bodens und die Beschaffenheit des Drainwassers, die bisherige Theorie über die Aufnahme der Nährstoffe in die Pflanze, nach welcher dieselben ihre Nahrung aus einer Lösung empfangen sollten, und stellte dafür die neue auf, daß die meisten Culturpflanzen darauf angewiesen seien, ihre Nahrung direct von der Ackerkrume zu empfangen.

3. Da aber das Absorptions-Vermögen des Bodens von v. Liebig anders aufgefaßt ist, als es sich jetzt herausgestellt hat und das Drainwasser nicht das Bodenwasser, wie v. Liebig meinte, repräsentiren kann, so sind wir auch nicht berechtigt auf diese Stützen hin, die alte Theorie zu verwerfen.

4. Die in Folge der Aufstellung dieser Theorie erschienenen Arbeiten (pro und contra) haben dieselbe zwar weiter geklärt, jedoch ihre unbedingte Haltbarkeit nicht darthun können.

5. Nach den durch die Absorptions-Fähigkeit gewonnenen Kenntnissen über den Boden und den anderen neueren Arbeiten, welche zur Lösung der Frage gemacht worden sind, können wir aber die alte Ansicht über die Ernährung der Pflanze, nach welcher sich dieselben hierbei ganz passiv verhalten sollte, nicht weiter festhalten, sondern dieselbe ist durch alles dieses wesentlich alterirt. Liebig hat das große Verdienst, dies schon 1857 ausgesprochen zu haben, wenn er auch damals etwas zu weit ging.

5. Die Pflanze ist bei der Aufnahme der Nährstoffe activ und zwar äußerst sich diese ihre Activität in zweierlei Weise.

a. Die Pflanze geht im Boden ihrer Nahrung nach, d. h. ihre Wurzeln entwickeln sich vor allem da, wo sie die ihr nothwendige Nahrung vorfinden. — Aeußere Thätigkeit. Dies beweisen:

α. Die Art der Vertheilung der Nährstoffe im Boden.

β. Die Versuche von Sprengel und vornehmlich die von Nobbe, welche zeigen, daß die Entwickelung der Wurzeln, welche die Ernährung der Pflanze zu besorgen haben, vorherrschend da vor sich geht, wo sich die Nährstoffe der Pflanze befinden.

b. Die Pflanze muß zwar nach wie vor ihre Nahrung aus einer Lösung empfangen, aber sie findet dieselbe im Boden nicht vor, sondern sie muß sich dieselbe selbst praepariren. — Innere Thätigkeit.

Dies ist dargethan:

α. Durch die Ausscheidung von Kohlensäure aus den Wurzeln und die saure Reaction der Pflanzensäfte.

β. Durch die Eigenschaft der Membran, feste Stoffe welche sich auf der einen Seite derselben befinden, durch entsprechende lösende Flüssigkeiten auf der andern Seite, indem diese zunächst durch dieselbe hindurchtreten, aufzunehmen.

γ. Durch die Versuche über das Wachsthum von Landpflanzen in wässrigen Lösungen und durch die in mit Nährstoffen gesättigten Böden.

δ. Durch das Wachsen von Pflanzen auf Felsen, deren Wurzeleindrücke in die Gesteine deutlich nachgewiesen werden können.

7. Ueber die Verbindungen, in welchen die Nährstoffe von den Pflanzen aufgenommen werden, läßt sich bis jetzt folgendes anführen.

α. Das Kali und Ammoniac, welche im Boden vor Allem als humussaure Salze und als wasserhaltige Silicate — Zeolithe — enthalten sind, können in diesen Verbindungen und zwar zunächst wegen der Schwerlöslichkeit derselben in die Pflanze nicht eintreten, sondern müssen vorher umgesetzt werden; letzteres wird durch die Kohlensäure des Bodens, durch andere daselbst vorhandene Säuren und durch gewisse Salze (z. B. Gyps u. s. w.) bewirkt; sie werden dann in Verbindung mit diesen Säuren von der Pflanze aufgenommen. Ammoniac wird ferner theilweise im Boden zu Salpetersäure oxydirt und so aufgenommen.

β. Das Natron tritt vorherrschend als Chlornatrium in die Pflanze ein, da es in dieser Verbindung im Boden enthalten und diese leicht löslich ist; es wird aber auch in den beim Kali genannten Verbindungen im Boden vorkommen und dann auf dieselbe Weise, wie diese umgesetzt und aufgenommen werden.

γ. Die Kalkerde und Magnesia treffen wir im Boden als humussaure Salze, Zeolithe, dann aber auch als kohlensaure und letztere vor Allem auch als phosphorsaures Salz. Die zuerst genannten Verbindungen werden durch die beim Kali angeführten

Mittel gelöst und so den Pflanzen dargeboten; die letzteren werden durch die Kohlensäure des Bodens und durch gewisse Salze gelöst und so von den Pflanzen aufgenommen.

δ. Die Aufnahme des Eisens wird vorwiegend als phosphorsaures Eisenoxyd erfolgen.

ε. Die Phosphorsäure ist im Boden als phosphorsaures Eisenoxyd, phosphorsaure Thonerde und phosphorsaure Ammoniac-Magnesia (auch phosphorsaure Kalkerde?) enthalten; da diese Verbindungen schwer löslich sind, so kann die Pflanze ihren ganzen Bedarf an Phosphorsäure in diesen Verbindungen nicht erhalten, sondern der größte Theil derselben, was vor Allem von den beiden ersten gilt, muß vorher umgesetzt werden; dies wird zum größten Theil wahrscheinlich durch die kohlensauren Alkalien bewerkstelligt, welche durch die Wirkung der Kohlensäure auf die Zeolithe entstehen; ihre Aufnahme erfolgt dann als phosphorsaures Alkali.

ζ. Die Schwefelsäure wird im Boden in größter Menge an Kalkerde und Eisenoxyd, dagegen in geringerer Menge als schwefelsaures Alkali vorhanden sein; daher wird auch ihre Aufnahme vorwiegend als schwefelsaure Kalkerde geschehen, wenn ein Theil auch mit den Alkalien in die Pflanze eintreten wird.

η. Die Kieselsäure finden wir, was ihre lösliche Form anbetrifft, im Boden als freie Säure und als Zeolith-Verbindung; wir können daraus schließen, daß sie als freie Säure und als kieselsaures Alkali von der Pflanze aufgenommen werden wird.

ϑ. Die Salpetersäure entzieht sich dem Absorbtions-Vermögen des Bodens ganz, daher wird sie in demselben stets in löslicher Form, an die Alkalien (Ammoniac, Kali) und die alkalischen Erden gebunden enthalten sein, und deshalb auch in diesen Formen der Pflanze dargeboten.

ι. Das Chlor schließlich treffen wir im Boden als Chlornatrium, weshalb dies auch sicherlich vornehmlich die Form sein wird, in welcher die Pflanze dasselbe aufnimmt.

Kapitel V.

§. 125.

1. Aschengehalt der Trockensubstanz und Zusammensetzung der Asche bei den wichtigsten Culturpflanzen und deren Theile.

Die Zahl der bis jetzt ausgeführten Aschen-Analysen der einzelnen Culturpflanzen ist bei den meisten eine große. Da der Gehalt der Pflanzen an Asche, sowie deren Zusammensetzung mehrfach variirt, ohne daß bis jetzt die Ursachen dieser Thatsache sicher ermittelt wären, so ist es nothwendig, eine Anzahl von Analysen der einzelnen Pflanzen und ihrer Theile hier aufzuführen, um so einerseits die Verschiedenheiten in der Zusammensetzung darzuthun, und anderseits aus denselben Mittelzahlen zusammenzustellen, wodurch es möglich werden wird, Zahlen von allgemeinem Werthe zu erhalten, welche für den weiteren Zweck des Buches erforderlich sind. Hierzu werde ich von den bis jetzt ausgeführten Analysen vor Allem die neueren benutzen, da die alten mehrfach mit Fehlern, beruhend auf mangelhaften, analysischen Methoden, behaftet sind.

In den Fällen, wo von einem Analytiker mehrere Analysen einer Pflanze oder eines Pflanzentheils gemacht worden, sind in der Regel, wenn nicht andere Gründe davon abhielten, die Mittelzahlen aus denselben berechnet, und diese allein, um nicht zu viel Zahlen-Material zu erhalten, aufgeführt.

Soweit es mir möglich gewesen, habe ich mich bemüht, die sämmtlichen vorliegenden Analysen zu den Mittelzahlen zu benutzen, da dieselben so einen um so allgemeineren Werth erhalten.

Ueberall da, wo in den Analysen noch Kohlensäure, Kohle und Sand mit angegeben waren, sind dieselben umgerechnet, so daß

die in der folgenden Tabelle aufgeführten Zahlen sich auf von Kohlensäure, Kohle und Sand freie Asche beziehen.

Ich bemerke hier noch, daß die Zusammenstellung dieser Analysen im Wesentlichen schon beendet war, als die vom Prof. E. Wolff in Hohenheim erschien, und daß ich, da diese früher als die meinige, veröffentlicht ist, mich bemüht habe, meine Mittelzahlen den da aufgestellten so viel als möglich anzupassen, was freilich nicht ganz hat ermöglicht werden können, da bei Wolff einige Analysen, z. B. die von Prof. Fr. Schulze, fehlen.

Die mit einem Stern bezeichneten Analysen sind zur Berechnung der Mittelzahlen nicht benutzt worden.

Am Ende dieses Bandes befindet sich als Anhang eine Tabelle, auf welcher der Gehalt der frischen Pflanzen-Substanz an Asche, sowie deren Zusammensetzung für 100 Theile und für einen Scheffel berechnet ist.

Aschengehalt der Trockensubstanz und Zusammensetzung der Asche in Procenten.

Cerealien.

Weizen: Samen.

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphor-säure	Schwefel-säure	Kieselsäure	Chlor	Bemerkungen	Zahl der Analysen	Name der Analytiker.
1,28	23,18	8,39	3,33	11,75	1,11	—	—	46,36	—	1,18	6,07	—	1	Weber. (*)
—	28,04	—	4,01	12,95	1,19	—	—	45,85	—	7,55	0,52	—	1	Baer.
1,85	32,08	3,00	3,25	12,00	0,66	—	—	45,04	0,41	3,68	0,18	Hopeton-Weizen.	10	Way u. Ogston.
2,05	29,76	5,26	2,88	11,06	0,23	—	—	48,21	0,11	2,23	—	Spalding-Weizen.	1	dies.
1,78	32,39	2,32	3,47	13,94	0,97	—	—	43,47	0,35	3,05	—	Französischer Weizen.	1	dies.
2,19	36,60	0,53	4,34	11,12	1,18	—	—	41,03	0,18	4,97	—	Aegyptischer Weizen.	1	dies.
1,68	30,30	1,00	3,17	14,28	0,89	—	—	45,80	—	4,48	—	Odessa Weizen.	1	dies.
1,88	35,77	9,06	2,05	14,09	—	—	—	34,44	0,24	4,00	—	Marianopol Weizen.	1	dies.
1,94	29,28	1,98	4,43	13,27	0,71	—	—	47,46	0,72	2,61	—	Rothstroh., weißer Weizen.	6	dies.
1,91	30,34	1,70	3,99	12,72	0,58	—	—	46,89	—	3,07	—	—	3	dies.
2,46	34,25	3,03	3,91	9,60	—	—	—	49,14	1,01	—	—	—	2	Herapath.
2,40	30,12	—	3,00	16,26	-	—	—	48,30	—	1,31	—	—	1	Boussingault.
1,79	32,82	0,64	4,73	13,80	0,40	—	—	47,13	—	0,50	—	—	1	Schulze.
2,42	27,42	2,88	2,49	11,60	0,56	—	—	50,14	2,21	1,94	0,70	—	9	Zöller.
1,96	33,28	2,93	3,37	12,12	—	—	—	45,08	—	0,77	—	—	30	v. Bibra.
2,79	30,55	2,52	2,14	9,98	1,07	—	—	47,38	1,20	5,58	0,67	—	1	Anderson.
2,02	31,01	2,46	3,42	12,59	0,56	—	—	45,69	0,40	3,05	0,13	—	70	Mittel.

						Weizen: Stroh.								
3,82	10,23	0,45	6,93	1,69	0,99	—	—	5,05	0,74	67,90	7,74	—	1	Weber.
?	14,49	0,24	2,65	3,52	0,59	—	—	4,03	1,93	70,73	2,34	—	1	Baer.
4,79	17,98	2,47	7,42	1,94	0,45	—	—	2,75	3,09	63,89	—	Rothstrohiger, weißer Weizen.	1	Way u. Ogston.
6,10	10,05	6,44	6,95	3,31	1,75	—	—	6,35	2,24	60,62	2,28	—	1	Zöller.
6,87	16,71		4,74	1,89	0,78	—	—	2,21	1,69	69,83	1,87	—	1	Henneberg u. Stohmann.
7,00	9,20	0,30	8,50	5,00	1,00	—	—	3,10	1,00	67,60	0,60	—	1	Boussingault.
5,71	12,39	1,98	6,20	2,89	0,93	—	—	3,91	1,78	66,76	2,47	—	6	Mittel.
						Weizen: Spreu.								
10,73	9,14	1,79	1,88	1,27	0,37	—	—	4,31	—	81,22	—	Rothstrohiger, weißer Weizen.	1	Way u. Ogston.
21,15	4,81	1,03	2,56	1,10	0,87	—	—	4,09	1,02	83,85	0,73	—	1	Anderson.
15,94	6,97	1,41	2,22	1,18	0,62	—	—	4,20	0,51	82,53	0,37	—	2	Mittel.
						Roggen: Samen.								
2,65	16,57	20,77	11,25	13,00	—	—	—	33,51	0,51	3,62	0,98	Von mit Schlamm gedüngtem Boden.	1	Herapath. (*)
1,90	9,43	18,30	15,30	10,10	2,16	0,50	—	25,07	2,61	14,61	2,49	Von Sandboden.	1	Way u. Ogston (*)
1,60	33,83	0,39	2,61	12,81	1,04	—	—	39,92	0,17	9,22	—	—	1	dies.
—	31,89	4,33	2,84	9,86	0,82	—	—	46,03	1,46	0,17	—	—	1	Will u. Fresenius.
2,43	11,43	18,89	7,05	10,57	1,90	—	—	51,81	0,51	0,69	—	—	1	Bichon. (*)
3,17	30,36	—	3,06	11,33	3,06	2,08	—	45,39	—	4,29	—	—	1	Geradewohl.
1,97	28,84	0,44	3,14	11,40	0,95	—	—	48,41	2,60	1,80	0,37	—	8	Zöller.
2,20	33,48	1,97	2,01	12,43	0,96	—	—	46,10	—	1,44	—	—	5	v. Bibra.
2,16	34,45	3,07	2,98	11,27	0,61	—	—	47,10	—	0,52	—	—	1	Schulze.
2,22	32,14	1,70	2,77	11,52	1,24	—	—	45,49	0,70	2,89	0,06	—	17	Mittel.

Roggen: Stroh.

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor	Bemerkungen.	Zahl der Analysen.	Name der Analytiker.
—	17,23	0,30	9,06	2,41	1,36	—	—	3,82	0,83	64,50	0,46	—	1	Will u. Fresenius.
6,27	9,83	6,30	7,10	3,18	1,42	—	—	6,26	2,49	60,74	1,92	—	1	Zöller.
—	nicht	bestimmt	17,01	nicht best.	0,96	—	—	4,53	nicht best.	50,13	—	—	1	Stohmann u. Henneberg.
—	19,4	0,5	8,6	2,3	—	—	—	7,5	—	57,7	—	—	1	Schulz-Fleeth.
5,09	18,45 (Kali u. Natron)		5,45	3,18	0,37	—	—	4,45	1,71	65,17	1,57	—	2	Rautenberg.
5,78	15,49	2,37	9,44	2,77	0,82	—	—	5,33	1,26	59,65	0,79	—	6	Mittel.

Gerste: Samen mit den Spelzen.

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor	Bemerkungen.	Zahl der Analysen.	Name der Analytiker.
2,66	24,10	4,58	2,13	8,06	0,30	—	—	28,85	1,75	28,16	2,61	Chevalier-Gerste.	2	Way u. Ogston.
2,20	32,02	0,59	3,39	10,99	0,15	—	—	29,92	—	21,12	0,48	Nottingham-Gerste.	1	dies.
2,38	3,91	16,79	3,36	10,05	1,93	—	—	40,63	0,26	21,99	—	—	1	Bichon. (*)
—	20,91	—	1,67	6,91	2,40	—	—	38,48	—	29,10	—	—	1	Schmidt.
2,26	18,60	3,57	2,24	11,48	1,04	—	—	35,82	3,36	25,15	—	—	6	v. Bibra.
2,90	18,45	3,63	2,73	6,89	0,66	—	—	32,59	2,71	31,81	1,07	—	14	Zöller.
—	21,59	1,30	2,58	8,85	1,25	—	—	39,25	—	25,17	—	—	1	Schulze.
2,39	23,85	1,99	2,65	8,09	0,75	—	—	33,71	1,02	26,70	0,56	Durchschnitt von Cheval.-Gerste und Moldau-Gerste, auf verschiedenen Boden gewachsen.	6	Way u. Ogston.
2,48	22,79	2,24	2,48	8,75	0,94	—	—	34,09	1,26	26,74	0,67	—	31	Mittel.

Gerste: Stroh mit Spreu.

6,80	12,69	5,66	5,34	2,65	1,72	—	—	3,24	2,71	63,29	3,43	Moldau-Gerste.	1	Way u. Ogston.
—	11,22	1,13	5,79	2,70	1,36	—	—	7,20	1,09	68,50	1,30	Cheval.-Gerste.	1	dies.
3,09	17,41	3,01	13,09	3,11	0,33	—	—	2,21	3,16	54,52	3,43	Nottingham-Gerste.	1	dies.
4,57	18,72	3,83	10,55	2,37	0,28	—	—	3,90	2,77	57,36	2,30	Cheval.-Gerste.	2	dies.
—	30,60	4,30	7,10	1,90	—	—	—	4,00	4,90	47,60	—	Mit verschiedenen Salzen gedüngt.	8	E. Wolff.
4,82	18,13	3,59	8,37	2,55	0,74	—	—	4,11	2,93	58,25	2,09	—	13	Mittel.

Gerste: Stroh ohne Spreu.

5,51	12,05	4,60	7,33	2,98	1,88	—	—	5,94	2,45	60,15	2,74	—	4	Zöller.
—	23,17	6,06	7,95	3,70	—	—	—	3,36	2,72	48,43	5,93	—	2	Way.
5,51	17,61	5,33	7,64	3,34	0,94	—	—	4,65	2,58	54,29	4,33	—	6	Mittel.

Hafer: Samen.

3,33	14,78	1,46	3,67	6,39	0,82	—	—	22,69	2,58	47,02	0,53	Hopeton-Hafer.	12	Way u. Ogston.
3,28	15,47	3,07	3,52	6,25	0,86	—	—	27,60	1,25	42,98	—	Kartoffel-Hafer.	3	dies.
3,51	11,45	6,78	5,50	8,52	0,62	—	—	13,69	1,57	51,02	1,02	—	2	Herapath.
—	12,94	2,02	3,00	7,08	0,60	—	—	17,35	0,49	53,97	—	—	1	S. A. Porter.
4,00	12,93	—	3,70	7,70	1,38	—	—	14,90	1,00	53,30	0,48	—	1	Boussingault.
2,95	17,52	4,21	3,31	6,77	0,77	—	—	22,33	2,10	42,48	1,02	—	3	v. Bibra.
—	15,40	—	1,50	9,70	1,10	—	—	18,70	1,10	52,50	—	—	1	Knop und Schnedermann.
—	17,12	2,80	3,76	5,89	0,19	—	—	32,29	—	37,95	—	—	1	Schulze.
3,41	14,70	2,54	3,49	7,29	0,79	—	—	21,19	1,26	47,65	0,38	—	24	Mittel.

Hafer: Stroh.

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Analysen	Name der Analytiker.
4,95	21,19	2,78	4,89	2,33	2,70	—	—	2,86	4,36	53,41	7,01	Hopeton = Hafer.	1	Way u. Ogston.
5,20	21,72	4,36	8,61	5,47	1,12	—	—	5,32	2,25	49,54	2,05	Kartoffel = Hafer.	1	dies.
5,10	26,02	7,29	8,80	2,96	2,22	—	—	3,18	4,34	42,85	3,01	—	1	Boussingault.
8,95	12,18	14,32	7,29	4,58	1,45	—	—	1,94	2,15	54,25	1,50	—	1	Levi. (*)
—	nicht bestimmt		9,57	nicht best.	0,85	—	—	3,29	nicht best.	31,39	nicht best.	—	1	Henneberg und Stohmann.
5,08	22,98	4,81	7,97	3,59	1,72	—	—	3,66	3,65	44,29	4,03	—	4	Mittel.

Mais: Same.

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Analysen	Name der Analytiker.
1,51	28,37	1,74	0,57	13,60	0,47	—	—	53,69	—	1,55	—	Vierzehntägiger.	1	Way u. Ogston.
—	38,80	—	1,30	17,00	—	—	—	50,10	—	0,83	—	—	1	Letellier.
1,29	25,59	2,67	2,86	15,62	1,94	—	—	48,42	1,10	2,35	—	—	1	v. Bibra.
0,61	28,80	—	6,32	14,90	?	—	—	44,97	?	?	?	—	3	Stepf.
1,78	26,65	—	?	13,65	5,50	—	—	36,70	—	—	4,05	—	3	Sachse, Lehmann u. Schreber.
1,04	29,64	0,89	2,76	14,95	1,98	—	—	46,73	?	1,18	1,01	—	9	Mittel.

Mais: Stengel und Blätter.

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Analysen	Name der Analytiker.
5,49	36,30	1,25	10,84	5,68	2,35	—	—	8,33	5,21	28,82	—	Vierzehntägiger Mais.	1	Way u. Ogston.

Leguminosen.

Erbsen: Same.

2,68	45,98	1,29	6,25	6,30	0,32	—	—	33,12	5,49	1,03	1,57	Graue Erbsen.	3	Way u. Ogston.
2,80	43,92	9,60	5,92	6,99	0,14	—	—	27,24	5,27	1,33	3,93	Weiße "	2	dies.
—	39,87	2,67	4,76	7,77	0,77		—	38,42	0,19	0,49	6,51	—	1	Weber.
—	36,36	—	13,02	6,56	0,69	—	—	37,92	1,74	2,53	1,49	—	1	Baer.
—	39,51	5,95	5,91	6,43	1,05	—	—	34,50	4,91	—	2,24	Erbsen von Gießen.	1	Fresenius.
—	34,19	12,86	2,46	8,60	0,96	—	—	34,57	5,56	0,25	0,31	Holland.	1	Bichon. (*)
—	35,20	11,67	2,70	6,91	1,94	—	—	34,01	4,28	0,29	1,55	Kurhessen.	1	Thon. (*)
3,10	36,31	2,56	10,39	12,24	—	—	—	31,00	4,84	1,54	1,13	Elsaß.	1	Boussingault.(*)
2,93	42,33	0,92	4,82	7,94	0,99	—	—	37,64	2,69	0,47	1,79	Auf Veranlassung des preuß. Landes-Oeconomie-Collegiums; in verschiedenen Gegenden gewachsen.	14	Bromeis, Eichhorn, Heintz, Kroker, Liebig, Marchand, Rammelsberg, Schulze, Städeler.
3,94	40,70	—	2,21	7,03	0,77	—	—	45,12	4,17	—	—	—	1	Erdmann.
3,09	41,22	2,92	6,13	6,86	0,68	—	—	36,29	3,49	0,84	2,50	—	24	Mittel.

Erbsen: Stroh.

—	24,12	0,34	36,34	12,85	1,85	—	—	4,70	8,28	3,29	10,86	—	1	Baer.
—	11,63	9,83	39,37	7,60	0,52	—	—	9,35	6,64	10,50	3,75	—	1	Hartwig.
3,90	29,96	5,86	36,66	5,85	—	—	—	15,37	1,81	2,80	2,22	—	1	Schulze.
—	22,71	1,31	36,44	8,73	1,75	—	—	18,15	0,75	8,03	2,74	—	1	Weber.
7,56	17,88	4,17	45,58	7,29	2,44	—	—	5,33	7,43	7,08	3,57	Weiße Erbsen.	2	Way u. Ogston.
7,02	22,92	6,09	43,51	8,51	1,70	—	—	5,22	5,86	5,52	1,49	Graue "	2	dies.
9,16	11,77	5,51	59,29	10,02	1,34	—	—	2,52	2,93	3,19	4,92	Weiße "	2	dies.

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Analysen	Name der Analytiker.
4,77	21,66	5,34	35,01	7,63	1,39	—	—	8,15	6,16	5,69	7,32	Auf Veranlassung des preuß. Landes-Oekonomie-Collegiums.	13	Von verschiedenen Chemikern, (siehe oben).
6,48	20,33	4,81	41,53	8,56	1,37	—	—	8,60	4,98	5,76	4,61	—	23	Mittel.

Bohnen: Same.

a. Saubohnen (Vicia Faba).

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Analysen	Name der Analytiker.
2,65	53,55	0,56	5,38	7,14	—	—	—	29,73	3,16	0,43	—	—	1	Way u. Ogston.
4,30	25,46	21,78	3,06	9,86	0,06	—	—	36,10	2,65	0,03	1,27	—	1	Herapath. (*)
—	21,28	19,49	7,44	9,07	1,06	—	—	38,79	1,37	—	1,50	—	1	Bichon. (*)
3,53	47,39	—	5,35	9,04	—	—	—	35,79	1,69	—	0,79	—	1	Boussingault.
3,70	35,36	2,46	4,54	5,67	Spur	—	6,59	38,63	3,62	1,51	3,38	Von verschiedenem Boden.	4	Ritter.
?	43,07	0,21	6,29	nicht best.	nicht best.	—	—	32,67	3,26	nicht best.	2,07	—	1	Henneberg u. Stohmann.
3,29	44,84	0,81	5,39	7,28	?	—	6,59	34,21	2,93	0,65	1,56	—	7	Mittel.

b. Gartenbohnen (Phaseolus vulgaris).

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Analysen	Name der Analytiker.
3,06	42,95	1,40	10,59	6,19	0,46	—	—	33,08	3,56	0,80	1,19	Helgoland-Bohnen.	3	Way u. Ogston.
3,04	43,46	2,41	7,04	7,14	0,28	—	—	31,92	5,63	1,01	1,64	Magazan-Bohnen.	3	dies.
—	38,95	11,80	5,91	9,05	0,11	—	—	31,38	2,47	—	0,33	—	1	Levi. (*)

3,00	51,90	—	6,12	12,12	—	—	—	28,38	1,38	—	0,10	—	1	Boussingault.
3,29	21,71	21,07	5,38	7,35	0,34	—	—	35,35	2,28	1,48	2,01	—	1	Thon. (*)
3,03	46,10	1,27	7,92	8,48	0,25	—	—	31,13	3,52	0,60	0,98	—	7	Mittel.

Bohnen: Stroh.

a. Saubohnen (Vicia faba).

5,56	50,79	13,73	30,69	3,91	0,94	—	nicht best.	0,76	2,16	4,03	10,42	—	1	Way u. Ogst.(*)
—	26,62	9,39	25,59	4,36	1,84	—	nicht best.	8,83	14,86*	7,97	0,28	—	1	Hertwig.
6,49	37,20	4,21	21,46	8,57	2,71	—	4,15	6,18	0,23	5,89	7,57	Durchschnitt von auf Gyps-, Thon-, Kalk- u. Sandboden gewachsenen Bohnen.	4	Ritter u. Knop.
6,49	31,91	6,80	23,53	6,47	2,28	—	4,15	7,51	0,23	6,93	3,93	—	5	Mittel.

b. Gartenbohnen (Phaseolus vulgaris).

5,43	29,02	17,65	27,04	5,10	0,78	—	—	6,44	4,49	4,36	7,79	Helgoland-Bohnen.	2	Way u. Ogston.
6,97	27,50	6,70	28,08	7,52	1,54	—	—	12,53	3,82	5,65	7,51	Magazan-Bohnen.	2	dies.
6,20	28,26	12,18	27,56	6,31	1,16	—	—	9,49	4,16	5,01	7,65	—	4	Mittel.

Linse: Same (Ervum lens).

2,06	27,84	9,90	5,07	1,98	1,61	—	—	29,07	—	1,07	3,99	—	1	Levi.

Wicken: Same (Vicia sativa).

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphor-säure	Schwefel-säure	Kieselsäure	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Analysen	Name der Analytiker.
2,40	30,90	11,03	4,84	8,60	0,75	--	—	38,49	4,16	—	1,23	—	1	Levi.
2,40	30,57	10,62	4,79	8,49	0,75	—	—	38,05	4,10	2,01	1,21	—	1	Fleitmann.
2,16 (lufttrocken)	24,75	17,08	7,98	4,79	0,85	—	—	29,63	9,67	1,07	4,53	—	1	Cohen. (*)
2,40	30,74	10,83	4,82	8,55	0,75	—	—	38,27	4,13	1,01	1,22	—	2	Mittel.

Wicken: Blühende Pflanzen.

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphor-säure	Schwefel-säure	Kieselsäure	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Analysen	Name der Analytiker.
6,50	32,82	5,40	20,78	5,31	0,65	—	—	10,59	2,52	7,28	2,43	—	1	Way u. Ogston.
10,99	40,70	—	28,70	7,40	0,60	—	—	14,60	3,10	3,50	1,60	am 5. Juli geerntet.	1	Ritthausen.
8,75	36,76	2,70	24,74	6,36	0,63	—	—	12,60	2,81	5,39	2,02	—	2	Mittel.

Rothklee: Same.

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphor-säure	Schwefel-säure	Kieselsäure	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Analysen	Name der Analytiker.
3,65	37,00	0,76	4,91	12,09	1,75	—	--	33,89	6,73	1,85	1,33	—	1	Siegert.
4,70	34,50	0,30	6,20	13,50	0,72	—	—	43,40	?	Spur	1,30	—	1	Ulbricht.
4,18	35,75	0,53	5,56	12,80	1,24	—	—	38,65	6,73	0,93	1,32	—	2	Mittel.

Weißklee: Same.

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphor-säure	Schwefel-säure	Kieselsäure	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Analysen	Name der Analytiker.
3,60	36,51	0,54	7,18	11,43	1,87	—	—	34,27	4,84	2,21	1,49	—	1	Siegert.

Steyrischer Klee: Same.														
4,92	38,57	0,57	6,60	13,13	1,83	—	—	32,48	2,67	3,17	1,28	—	1	Siegert.
Esparsette: Same (Onobrychis sativa.)														
5,27	24,75	2,37	27,39	5,77	1,38	—	—	20,74	2,81	0,71	0,88	—	1	Way u. Ogston.
Buchweizen: Same (Polygonum Fagopyrum.)														
2,13	8,74	20,10	6,66	10,38	1,05	—	—	50,07	2,16	0,69	—	—	1	Bichon. (*)
1,05	20,77	9,03	4,80	12,34	2,30	—	—	46,71	2,05	—	1,99	—	1	v. Bibra.
1,08	25,36	3,27	1,79	14,53	1,87	—	—	49,22	2,10	—	1,86	—	1	ders.
1,07	23,07	6,15	3,30	13,44	2,08	—	—	47,97	2,08	—	1,93	—	1	Mittel.
Blaue Lupine: (Lupinus angustifolia.)														
3,38	31,90	0,81	9,87	10,91	0,73	—	—	39,03	5,58	0,59	0,34	—	1	E. Heiden.
Weiße Lupine: Same (Lupinus alba.)														
—	33,54	17,79	7,75	6,18	—	—	—	25,53	6,80	0,87	2,01	—	1	Graham, Stenhouse u. Campbell.
Gelbe Lupine: Same (Lupinus luteus.)														
5,09	26,80		7,15	15,26	1,33	—	—	38,20	5,71	4,80	0,75	—	1	Krocker.
4,34	29,49	0,29	8,19	12,68	0,61	—	—	44,29	4,34	0,12	Spur	—	1	E. Heiden.
4,72	29,49	0,29	7,67	13,97	0,97	—	—	41,25	5,03	2,46	0,38	—	2	Mittel.

Cruciferen.

Raps: Same (Brassica Napus oleifera.)

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Analysen	Name der Analytiker.
—	21,35	0,94	15,95	10,86	2,03	—	—	47,30	—	0,68	—	—	1	Heintze.
(lufttrocken) 2,48	22,91	—	17,30	15,55	0,71	—	—	41,63	0,46	2,00	—	—	1	Weber.
4,30	21,66	0,69	16,47	12,59	2,09	—	—	43,69	1,46	1,33	0,57	Auf Veranlassung des preuß. Landes-Oeconomie-Collegiums.	11	Von verschiedenen Chemikern.
3,80	22,98	—	15,62	14,03	0,50	—	—	44,39	?	—	—	Sommerrübsen.	2	Ritter.
4,05	22,23	0,41	16,34	13,26	1,33	—	—	44,25	0,64	1,00	0,14	—	15	Mittel.

Raps: Stroh.

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor.	Bemerkungen.	Zahl der Analysen	Name der Analytiker.
-	36,61	9,68	19,81	6,21	0,84	—	—	5,90	7,15	1,15	15,31	—	1	Baer. (*)
4,41	23,01	4,23	35,28	15,40	1,66	—	—	5,61	7,60	4,76	2,75	—	1	ders. (*)
4,47	21,74	15,58	28,13	3,82	1,70	—	—	6,12	5,10	15,43	2,00	—	1	ders. (*)
3,93	30,82	7,65	38,47	6,33	2,03	—	—	5,25	1,43	4,78	1,17	—	1	Weber.
4,30	27,48	7,92	28,20	5,93	2,95	—	—	6,87	7,51	5,52	7,96	Auf Veranlassung des preuß. Landes-Oeconomie-Collegiums.	10	Von verschiedenen Chemikern.
12,22	26,89	3,60	25,45	3,89	0,87	—	2,39	6,95	8,44	3,47	18,03	Sommer-Rapsstroh.	1	Ritter.
6,82	28,39	6,39	30,71	5,38	1,95	—	2,39	6,36	5,79	4,59	9,05	—	12	Mittel.

Lein: Same (Linum sativum).														
3,05	32,55	2,51	9,45	16,23	0,38	—	—	35,99	1,43	1,46	—	feinfaseriger Lein.	1	Way u. Ogston.
3,68	35,94	1,26	7,39	10,04	0,61	—	—	41,27	1,70	1,45	0,43	grobfaseriger „	1	Way u. Ogston.
4,22	28,76	1,68	11,09	11,09	2,03	—	—	44,73	0,10	0,40	0,60	schlesischer „	2	Rammelsberg u. Reich.
3,65	32,42	1,82	9,31	12,45	1,01	—	—	40,66	1,08	1,10	0,34	—	4	Mittel.
Lein: Stengel.														
3,52	41,00	4,63	24,31	8,67	1,09	—	—	12,26	4,96	6,98	1,02	Durchschnitt von Pflanzen aus Lief-, Kur-, Estland u. Litthauen.	4	E. Mayer u. Brazier.
5,01	45,84	0,61	18,32	4,25	5,59	—	—	9,79	5,76	6,46	4,29	grobfaser. Flachs.	1	Way u. Ogston.
3,70	25,56	10,16	25,16	4,99	6,62	—	—	8,94	4,02	9,40	6,60	feinfaser. „	1	dies.
4,08	37,47	5,13	22,60	5,97	4,43	—	—	10,33	4,91	7,61	3,97	—	6	Mittel.
Lein: Stengel (geröstet).														
4,68	17,06	13,52	17,53	4,99	2,78	—	—	9,68	7,39	12,27	4,12	—	7	Kane. (*)
1,11	1,70	3,33	47,00	2,60	5,68	—	—	3,79	1,90	15,96	—	feinfaser. Flachs.	1	Way u. Ogston.
Lein: Ganze Pflanze.														
5,00	3,79	9,82	12,33	7,79	—	—	—	10,84	2,65	21,35	2,59	—	1	Kane. (*)
3,82	34,65	3,12	16,99	8,66	0,44	—	—	24,34	2,39	1,80	2,00	—	2	Rammelsberg u. Reich.
4,70	33,90	6,80	16,00	8,10	—	—	—	16,30	6,50	3,60	9,80	Mit Abraumsalz gedüngt.	1	Küllenberg
4,26	34,28	4,96	16,50	8,38	0,22	—	—	20,32	4,45	2,70	5,90	—	3	Mittel.

Aschen-Procente.	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor	Bemerkungen.	Zahl der Analysen.	Name der Analytiker.
Lein: Samenhülle.														
7,37	27,93	3,85	26,60	2,50	2,02	—	—	2,61	4,26	15,43	5,99	—	1	Way u. Ogston.
Lein: Blätter.														
8,83	19,38	—	29,87	2,80	3,24	—	—	3,41	3,66	25,93	2,51	—	1	dies.
Lein: Faser der feinen Sorte.														
1,12	1,70	3,33	47,00	2,60	3,84	—	—	3,79	1,90	15,96	Spur	—	1	Way u. Ogston.
Lein: Faser der groben Sorte.														
0,76	4,47	0,62	54,58	0,27	3,08	—	—	4,95	3,81	6,18	—	—	1	Way u. Ogston.
Hanf: Same (Cannabis sativa).														
5,60	21,67	0,71	26,71	1,00	0,77	—	—	34,96	0,10	14,04	0,05	—	1	Leuchtweiß.
5,36	18,55	0,84	20,25	10,26	1,21	—	—	37,59	0,24	9,60	0,08	—	1	Reich.
5,48	20,11	0,78	23,48	5,63	0,99	—	—	36,28	0,17	11,82	0,07	—	2	Mittel.

Hanf: (ganze Pflanze).

—	19,34	2,66	47,95	10,80	—	—	—	7,69	2,56	7,86	1,46	—	1	Way.
4,60	15,82	3,40	35,55	7,67	1,08	—	—	14,24	2,76	7,70	3,26	—	1	Reich.
4,60	17,58	3,03	41,75	9,24	0,54	—	—	10,97	2,66	7,78	2,36	—	2	Mittel.

Hanf: Blätter und Stengel.

In den Blättern: 22,00 In den Stengeln: 4,54	7,48	0,72	42,05	4,88	—	—	—	3,22	1,10	6,75	1,53	—	1	Kane.

Hopfen: (Humulus Lupulus).

a. Zapfen:														
—	25,43	1,84	22,07	4,79	1,77	—	—	14,79	7,43	20,15	2,10	Goldhopfen.	1	Way u. Ogston.
—	41,71	2,71	15,56	5,79	1,19	—	—	15,67	?	14,06	3,89	Bayrischer Hopfen.	8	Wheeler.
—	41,72	2,08	17,51	3,57	2,49	—	—	9,20	?	17,07	4,49	Böhmischer „	1	Wheeler.
5,95	36,29	2,11	18,38	4,70	1,82	—	—	13,22	?	17,09	3,49	—	10	Mittel.
b. Blüthen:														
9,00	38,11	4,72	9,75	4,86	0,69	—	—	17,67	5,20	19,53	9,70	Goldhopfen.	1	Way u. Ogston.
6,50	19,47	0,80	14,15	5,34	2,71	—	—	14,64	8,28	17,88	2,69	?	1	Watts.
7,75	28,79	2,76	11,95	5,10	1,70	—	—	16,16	6,74	18,71	6,20	—	2	Mittel.
c. Blätter:														
21,94	16,70	1,89	34,99	5,50	0,22	—	—	10,61	2,15	25,41	2,96	Goldhopfen.	1	Way u. Ogston.
13,60	14,95	5,41	49,67	2,39	2,41	—	—	3,52	5,04	12,14	5,73	?	1	Nesbit.
17,77	15,83	3,65	42,33	3,50	1,32	—	—	7,07	3,60	18,78	4,35	—	2	Mittel.

Aschen-Procente.	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor	Bemerkungen.	Zahl der Analysen.	Name der Analytiker.
d Ranken: 7,28	31,17	1,58	26,92	4,28	0,91	—	—	13,27	2,64	11,34	10,16	Goldhopfen.	1	Way u. Ogston.
e. Ganze Pflanze: 9,87	26,24	3,84	15,98	5,77	5,12	—	—	12,13	5,41	21,50	5,16	?	1	Nesbit.
f. Stengel u. Ranken: 3,74	30,47	3,42	38,73	4,10	0,28	—	—	6,92	3,44	6,07	8,47	?	1	Nesbit.
Tabak: Blätter.														
—	26,96	7,87	39,53	9,61	2,23	—	—	1,97	2,78	4,51	5,85	Deutscher Tabak.	1	Merz.
18,90	30,23	2,86	30,44	7,70	4,86	—	—	2,20	3,59	—	4,05	T. von Debreczin.	3	Will und Fresenius.
bis	20,62	6,05	32,06	15,73	4,68	—	—	2,12	5,91	—	8,78	T. von Banat.	1	dies.
27,36	13,73	2,12	48,57	13,83	4,14	—	—	2,27	3,98	—	4.13	T. v. Fünfkirchen.	6	dies.
20,50	26,34	nicht bestimmt				—	—	6,73	nicht bestimmt			den 8ten Juli.	1	Boussingault.
18,88	21,82	dito.				—	—	6,73	dito.			den 30ten Juli.	1	ders.
13,70	24,83	dito.				—	—	6,59	dito.			den 10. Sept.	1	ders.
19,05	23,50	4,73	37,65	11,72	3,98	—	—	4,09	4,07	1,13	5,70	—	14	Mittel.

Wurzelgewächse.

Runkelrüben: Wurzel (Beta vulgaris).

—	53,46	4,31	20,24	1,48	—	—	—	1,10	8,32	—	24,94	Lange, rothe Rübe.	1	Herapath. (*)
8,55	18,84	33,63	2,50	2,81	0,66	—	—	2,92	3,96	3,38	22,94	dito.	2	Way u Ogston.(*)
11,32	28,75	39,17	2,18	2,14	0,90	—	—	5,47	4,49	2,71	18,65	Yellow Globe.	1	dies. (*)
6,30	48,96	7,54	5,78	5,52	3,11	—	—	7,54	2,01	10,02	6,52	—	1	Boussingault.
8,20	57,82	6,82	2,45	2,94	0,35	—	—	10,77	2,30	0,19	16,35	—	1	Griepenkerl.
13,48	57,71	21,73	5,74	3,43	0,31	—	—	5,12	2,49	0,79	2,41	Längl. gelbrothe R. aus München.	1	Eylerts.
5,30	51,50	15,10	5,30	6,50	0,60	—	—	10,80	3,10	2,70	5,30	Oberdorfer R.	3	Ritthausen.
9,72	57,71	7,39	4,01	6,01	0,88	—	—	13,03	3,51	3,76	4,93	Am 6. October geerntet.	1	E. Wolff.
8,60	54,74	11,71	4,66	4,88	1,05	—	—	9,45	2,68	3,49	7,10	—	7	Mittel.

Runkelrüben: Blätter.

14,00	8,94	33,56	9,37	10,57	0,79	—	—	6,32	7,03	2,55	24,54	Yellow Globe.	1	Way u. Ogston.
18,50	29,58	22,88	9,19	8,61	0,77	—	—	5,11	5,79	1,93	20,79	Lange, rothe R.	2	dies.
29,23	24,13	13,01	17,80	18,32	2,33	-	—	6,93	7,36	5,11	5,01	?	1	R. Hoffmann.
16,08	12,31	29,07	20,20	9,89	1,45	—	—	7,52	4,16	10,63	4,33	Auf verschiedenem Boden gewachsen.	2	Eylerts.
16,90	34,06	13,47	13,84	11,25	1,61	—	—	4,94	10,14	6,79	5,04	Am 6. October geerntet.	1	E. Wolff.
18,94	21,80	22,40	14,08	11,73	1,39	—	—	6,16	6,90	5,40	11,94	—	7	Mittel.

Turnips: Wurzel (Brassica rapa).

7,53	31,22	14,14	10,57	2,69	0,41	—	—	10,25	13,17	1,98	5,23	Schwed. Turnips.	5	Way u. Ogston.
7,40	48,56	2,88	6,73	2,26	0,66	—	—	7,65	12,86	0,96	3,29	Grünköpfige, weiße Turnips.	1	dies.

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor	Bemerkungen.	Zahl der Analysen.	Name der Analytiker
9,01	42,47	9,31	8,76	3,95	1,78	—	—	15,98	11,84	1,96	5,12	Durchschnitt von 18 u. 21 Wochen alten Turnips.	2	Wunder.
10,50	42,87	7,94	9,67	4,03	1,10	—	—	16,45	13,26	2,62	2,08	Durchschnitt von 20 u. 23 Wochen alten Turnips.	2	ders.
12,07	51,27	12,05	8,12	5,19	0,84	—	—	9,52	10,51	1,17	3,37	Auf Sandboden gewachsen.	3	ders.
10,05	43,98	9,05	9,45	3,97	1,32	—	—	16,65	11,84	1,85	2,43	Auf Thonboden gewachsen.	2	ders.
20,95	31,40	13,33	13,58	5,57	1,53	—	—	11,39	14,64	3,49	6,49	Auf leichtem Sandboden gewachsen.	1	Anderson. (*)
9,43	43,39	9,23	8,88	3,68	1,02	—	—	12,75	12,24	1,75	3,58	—	15	Mittel.

Turnips: Blätter.

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor	Bemerkungen.	Zahl der Analysen.	Name der Analytiker
11,52	17,45	12,01	28,45	2,81	1,86	—	—	6,78	8,55	4,38	11,10	Schwed. Turnips.	5	Way u. Ogston.
15,20	22,65	5,65	28,73	2,85	0,80	—	—	3,15	7,83	2,05	13,72	Grünköpfige, weiße Turnips.	1	dies.
14,69	25,23	7,80	33,01	4,83	1,56	—	—	8,85	9,41	1,91	9,44	Durchschnitt von 18 und 21 Wochen alten Turnips.	2	Wunder.
10,56	21,86	3,45	34,18	5,61	2,80	—	—	14,08	9,94	2,84	5,37	Durchschnitt von 20 und 23 Wochen alten Turnips.	2	ders.
16,28	18,14	11,07	7,93	16,10	3,13	—	—	13,28	16,35	4,19	12,61	Auf leichtem Sandboden gewachsen.	1	Anderson. (*)
14,66	21,80	7,23	31,09	4,03	1,76	—	—	8,22	8,93	2,80	9,91	—	10	Mittel.

Stoppelrüben: Wurzel (Brassica campestris).

7,44	62,63	2,98	6,92	2,53	0,25	—	—	15,89	4,24	0,09	4,46	—	1	Herapath.
—	41,85	5,10	13,55	5,35	1,49	—	—	7,55	13,55	7,96	3,60	—	1	Boussingault.
7,44	52,24	4,04	10,24	3,94	0,87	—	—	11,72	8,90	4,03	4,03	—	2	Mittel.

Mohrrüben: Wurzel (Daucus Carota).

6,58	39,21	19,87	10,89	4,94	1,50	—	—	10,14	7,04	1,30	4,54	Weiße, belgische.	4	Way u. Ogston.
6,04	30,48	28,86	11,53	6,46	0,49	—	—	14,99	3,49	2,08	2,09	Weiße, grünköpfige Riesenmöhre, am 10. Oct. geerntet.	1	Bretschneider.
—	32,17	10,10	12,34	5,73	1,60	—	—	11,81	3,26	4,78	5,81	—	1	Richardson.
5,44	43,73	12,11	5,64	2,29	0,51	—	—	12,31	4,26	1,11	—	Lange, rothe M.	1	Way u. Ogston.
6,02	36,40	17,74	10,10	4,86	1,03	—	—	12,31	4,51	2,32	3,11	—	7	Mittel.

Mohrrüben: Blätter.

18,20	8,66	22,15	39,72	3,55	2,93	—	—	2,03	7,30	5,96	10,04	Weiße, belgische M.	3	Way u. Ogston.
—	14,68	28,70	27,45	6,70	1,86	—	—	6,38	9,72	2,40	2,70	Weiße, grünköpfige Riesenmöhre.	1	Bretschneider.
10,95	17,10	6,76	24,04	0,89	3,43	—	—	6,21	5,08	11,61	2,19	Lange, rothe M.	1	Way u. Ogston.
14,58	13,48	19,20	30,40	3,71	2,74	—	—	4,87	7,37	6,66	4,98	—	5	Mittel.

Zuckerrüben: Wurzel.

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor	Bemerkungen.	Zahl der Analysen.	Name der Analytiker.
4,02	51,10	8,49	5,90	9,80	0,90	—	—	14,40	4,80	3,20	1,80	Von verschiedenartig gedüngtem Boden.	11	Metzdorf und Bretschneider.
3,83	44,08	5,72	6,46	10,48	1,15	—	—	17,85	8,89	3,06	2,95	Am 6. October geerntet.	1	Bretschneider.
2,87	51,80	6,70	6,99	7,41	1,80	—	—	12,84	2,85	3,25	5,90	—	1	Karmrodt.
5,24	50,89	5,76	6,74	9,84	1,13	—	—	16,27	4,02	3,42	1,93	—	1	R. Hoffmann.
4,17	45,62	12,34	6,86	10,32	1,03	—	—	14,02	4,44	4,64	1,03	Von verschiedenartig gedüngtem Boden.	14	Bretschneider u. Küllenberg.
4,11	51,10	8,48	5,89	8,87	0,88	—	—	14,42	4,84	3,75	1,80	Von verschieden gedüngtem Boden.	10	Ritthausen.
4,04	49,10	7,92	6,47	9,45	1,15	—	—	14,97	4,97	3,55	2,57	—	38	Mittel.

Zuckerrüben: Blätter.

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor	Bemerkungen.	Zahl der Analysen.	Name der Analytiker.
18,55	22,62	12,84	18,20	16,46	1,21	—	—	9,17	8,34	5,58	7,16	Am 16. October geerntet.	1	Bretschneider.
—	27,17	18,01	14,66	19,15	0,83	—	—	5,36	5,49	1,49	3,64	Aus der Untersuchung der 5 verschiedenen Blattkreise berechnet.	1	Küllenberg.
29,23	24,13	13,01	17,80	18,31	2,33	—	—	6,93	7,36	5,11	5,01	—	1	R. Hoffmann.
23,89	24,64	14,62	16,89	17,97	1,46	—	—	7,15	7,06	4,06	5,27	—	3	Mittel.

Knollen=Gewächse.

Kartoffel: Knollen.

5,03	69,02	0,28	0,84	2,52	0,42	—	—	16,67	2,72	0,53	9,04	Runde, gelbe K.	1	Schulz=Fleeth.
3,91	68,75	0,81	1,13	4,13	0,51	—	—	16,67	2,72	0,53	9,24	hellrothe K.	1	ders.
4,44	64,92	0,61	1,00	4,63	0,33	—	—	18,38	3,00	1,00	7,95	blaue K.	1	ders.
4,35	68,17	0,16	0,51	4,59	0,38	—	—	20,39	2,42	0,26	4,04	dunkelrothe K.	1	ders.
3,62	68,96	0,59	1,57	3,25	0,53	—	—	19,08	2,93	0,63	3,43	lange, gelbe K.	1	ders.
2,63	55,50	0,71	3,52	3,86	2,35	—	—	5,03	25,50	1,51	2,53	lange, rothe K.	1	ders.
4,42	73,60	0,08	1,31	4,00	0,59	—	—	14,97	0,44	0,44	6,86	runde, weiße K.	1	ders.
5,06	66,19	1,59	1,79	3,96	0,62	—	—	18,06	4,24	0,79	3,06	Aus der Lombardei.	2	Moser.
4,85	63,29	—	2,34	4,17	0,50	—	—	16,83	4,71	3,64	5,83	?	1	Griepenkerl.
4,00	59,97	—	2,09	6,29	0,57	—	—	13,16	8,26	6,52	3,14	?	1	Boussingault.
—	51,26	1,20	3,35	13,58	—	—	—	11,91	6,50	7,17	4,81	?	1	Way.
4,14	69,02	—	3,70	4,78	—	—	—	16,83	5,47	0,04	—	?	4	Herapath.
2,60	53,70	2,50	3,10	5,50	1,30	—	—	18,80	10,90	3,10	1,90	Am 27. Septbr. u. 20. Octbr. geerntet.	2	E. Wolff.
?	68,51	Spur	2,51	3;87	1,29	—	—	12,52	8,53	0,46	2,29	In der Nähe der See gewachsen.	1	Cameron.
?	53,14	1,68	1,99	4,90	0,96	—	—	23,81	10,30	1,68	1,10	—	4	Bretschneider.
3,69	62,64	—	1,81	4,68	0,52	—	—	17,65	8,84	2,67	1,68	Von verschieden gedüngtem Boden; sächs. rothe Zwiebel=K.	8	Metzdorf.
—	46,44	8,71	3,94	3,59	3,87	—	—	23,21	5,77	4,22	1,36	—	3	Walz. (*)
4,54	64,80	1,44	2,03	4,26	1,92	—	—	16,84	4,72	1,36	3,39	Weiße, sächsische Zwiebel=K.	4	E. Heiden.
4,09	62,66	1,12	2,14	4,81	0,93	—	—	16,71	6,55	2,03	3,98	—	38	Mittel.

Kartoffel: Kraut.

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphor-säure	Schwefel-säure	Kieselsäure	Chlor	Bemerkungen	Zahl der Analysen	Name der Analytiker.
13,75	26,43	2,85	33,72	6,17	4,39	—	—	7,48	5,17	2,48	14,55	Von blühenden Pflanzen.	1	Way u. Ogston.
15,00	13,34	7,44	43,09	6,99	4,40	—	—	2,64	5,96	9,57	8,48	Von abgeblühten Pflanzen.	1	dies.
8,70	21,30	0,60	33,50	19,70	3,40	—	—	7,20	4,40	8,20	4,60	Am 17. u. 29. Juli.	1	E. Wolff.
5,12	6,30	0,80	46,20	25,20	2,90	—	—	5,50	5,50	4,20	3,00	Von abgeblühten Pflanzen am 2. October.	1	ders.
10,64	16,84	2,92	39,13	14,52	3,77	—	—	5,71	5,26	6,11	7,66	—	4	Mittel.

Wiesenheu.

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphor-säure	Schwefel-säure	Kieselsäure	Chlor	Bemerkungen	Zahl der Analysen	Name der Analytiker.
7,73	7,63	2,86	12,91	3,43	0,15	—	—	4,38	0,65	63,68	6,16	—	1	Way u. Ogston (*)
9,00	11,84	7,72	19,48	8,90	0,47	—	—	6,95	6,03	27,00	11,61	—	1	Fr. Schulze.
10,00	11,14	3,01	16,89	7,47	0,49	—	—	7,48	5,08	41,19	7,25	—	1	ders.
6,10	23,40	1,90	19,30	7,80	1,04	—	—	5,80	2,90	34,00	2,80	—	2	Boussingault.
8 66	36,06	2,92	9,12	4,08	1,55	—	—	12,05	3,79	24,17	7,97	—	1	Fleitmann. (*)
11,40	9,71	26,44	7,30	—	2,23	—	—	15,70	3,02	26,00	12,41	—	1	ders. (*)
11,30	28,18 (Kali und Natron)		11,01	5,17	2,69	—	—	6,13	3,86	28,87	4,11	—	1	Stohmann u. Henneberg.
7,60	28,50	8,25	12,87	3,81	0,54	—	—	6,04	7,09	21,30	13,54	Von verschieden gedüngten Wiesen.	5	Gilbert und Lawes.
6,49	29,20	11,63	13,00	4,20	1,00	—	—	7,20	6,20	19,20	11,39	Von Salzwiesen vom Ostseestrand.	1	G. Lehmann.

7,50	?	?	14,90	5,10	?	—	—	6,70	?	?	?	—	1	v. Gohren.
7,96	11,31	10,21	4,30	3,00	—	—	—	4,40	?	47,50	11,65	Marschheu.	1	Wicke und Henrici.
6,81	11,37	10,05	4,28	2,99	4,58	4,58 Eisenoxyd und 4,36 Thonerde.		4,42	1,75	47,48	11,89	Andelheu.	1	Rautenberg.(*)
8,36	23,73	3,67	11,72	9.43	12,15	—	—	6,52	4,40	22,67	7,15	Sauerheu, von Pregelwiesen.	1	E. Heiden. (*)
8,24	16,48	6,10	13,97	5,68	0,90	—	—	6,34	5,19	31,29	8,91	—	13	Mittel.

Rothes Klee=Heu.

7,99	20,13	3,18	42,60	13,51	1,17	—	—	7,64	5,03	4,03	3,42	—	2	Way u. Ogston.
5,27	21,92	4,03	43,66	12,68	0,50	—	—	9,29	5,26	1,14	1,90	Erster Schnitt, Durchschnitt von gegypstem u. ungegypstem Klee.	2	Hulwa.
6,58	30,62	1,47	39,83	10,18	0,68	—	—	10,18	4,49	1,72	1,09	Zweiter Schnitt.	2	ders.
?	29,44	—	36,00	nicht best.	nicht best.	—	—	7,47	2,76	nicht best.	4,84	—	1	Stohmann u. Henneberg.
9,50	29,50	1,05	28,95	6,65	1,10	—	—	9,35	3,65	15,30	3,95	Durchschnitt von gegypstem u. ungegypstem Klee 1841.	2	Boussingault.
5,50	32,05	1,60	34,95	8,75	0,30	—	—	7,65	3,15	8,40	3,15	dto. 1842	2	ders.
—	42,85	3,31	25,91	6,99	1,31	—	—	10,65	2,93	3,49	2,05	Durchschn. von ungedüngtem u. mit Gyps u. Bittersalz gedüngtem Klee.	3	Bauck und Pincus.
8,71	46,30	1,26	26,60	8,36	9,12	—	—	12,13	1,06	6,50	2,70	Pflanze mit ausgebild. Stengeln, Blüthenknöspchen treibend.	3	Ulbricht.
5,98	39,20	1,60	30,69	10,26	8,05	—	—	12,00	0,36	4,42	3,80	Pflanze in voller Blüthe.	3	ders.

Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor	Bemerkungen.	Zahl der Analysen.	Name der Analytiker.
6,34	48,60	1,60	24,90	6,80	0,80	—	—	8,30	4,10	3,70	1,30	Am 25. Mai und 15. Juni geerntet.	2	E. Wolff.
7,36	27,96	1,51	34,52	14,17	1,84	—	—	10,80	3,78	3,80	2,08	Durchschnitt von gegypstem u. ungegypstem Klee.	4	Ritthausen.
7,03	33,51	1,96	33,33	9,84	2,48	—	—	9,59	3,32	5,25	2,75	—	26	Mittel.
Weißklee: Heu.														
8,75	17,49	7,73	32,23	9,94	2,40	—	—	14,07	8,81	4,50	3,65	—	2	Way u. Ogston.
Heu von Esparsette.														
6,37	42,28	0,49	28,65	5,93	0,78	—	—	11,02	3,87	3,79	4,05	In der Blüthe.	1	Way u. Ogston.
6,50	35,83	3,51	35,90	5,55	0,70	—	—	9,64	2,82	4,22	2,27	Im Samen.	1	dies.
6,44	39,06	2,00	32,28	5,74	0,74	—	—	10,33	3,40	4,01	3,16	—	2	Mittel.
Heu von Luzerne.														
7,20	27,70	0,40	37,30	5,80	0,80	—	—	7,60	5,30	3,50	2,00	Am 25. Mai geerntet, c. 2′ hoch.	1	E. Wolff.
5,40	30,40	1,60	41,40	4,80	0,70	—	—	9,30	8,50	1,30	1,00	Am 15. Juni geerntet, kurz vor der Blüthe.	1	E. Wolff.

—	26,40	0,90	34,60	9,00	0,90	—	—	10,40	7,50	2,50	1,80	Am 22. Mai geerntet.	1	Mayer.
—	30,10		57,30	2,80	0,50	—	—	7,10	4,20	2,20	1,80	Am 3. Juli geerntet, in voller Blüthe.	1	ders.
6,30	28,10	0,97	42,70	5,60	0,73	—	—	8,60	6,40	2,40	1,70	—	4	Mittel.

Italienisches Raygras (Lolium perenne).

6,69	11,61	4,14	11,12	2,44	0,54	—	—	6,33	2,07	59,90	2,37	In Blüthe stehend.	2	Way und Ogston.
6,91	9,49	0,92	9,96	5,25	2,35	—	—	17,81	2,30	50,23	0,97	Im Samen stehend.	1	
6,80	10,60	2,53	10,54	3,85	1,45	—	—	12,07	2,19	55,07	1,67	—	3	Mittel.

Thimotheegras (Pleum pratense).

5,29	25,73	1,79	15,57	5,52	0,28	—	—	11,76	5,17	32,39	2,29	In Blüthe stehend.	1	Way u. Ogston.

§. 126.

Zusammenstellung der gewonnenen Mittelzahlen.

Name der Pflanze	Name der Pflanzentheile	Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphor-säure	Schwefel-säure	Kieselsäure	Chlor	Zahl der benutzten Analyse.
Weizen: . . .	Same:	2,02	31,01	2,46	3,42	12,59	0,56	—	—	45,69	0,40	3,05	0,13	70
" . . .	Stroh:	5,71	12,39	1,98	6,20	2,89	0,93	—	—	3,91	1,78	66,76	2,47	6
" . . .	Spreu:	15,94	6,97	1,41	2,22	1,18	0,62	—	—	4,20	0,51	82,53	0,37	2
Roggen: . . .	Same:	2,22	32,14	1,70	2,77	11,52	1,24	—	—	45,49	0,70	2,89	0,06	17
" . . .	Stroh:	5,78	15,49	2,37	9,44	2,77	0,82	—	—	5,33	1,26	59,65	0,79	6
Gerste: . . .	Same:	2,48	22,79	2,24	2,48	8,75	0,94	—	—	34,09	1,26	26,74	0,67	31
" . . .	Stroh mit Spreu:	4,82	18,13	3,59	8,37	2,55	0,74	—	—	4,11	2,93	58,25	2,09	13
" . . .	Stroh ohne Spreu:	5,51	17,61	5,33	7,64	3,34	0,94	—	—	4,65	2,58	54,29	4,33	6
Hafer: . . .	Same:	3,41	14,70	2,54	3,49	7,29	0,79	—	—	21,19	1,26	47,65	0,38	24
" . . .	Stroh:	5,08	22,98	4,81	7,97	3,59	1,72	—	—	3,66	3,65	44,29	4,03	4
Mais: . . .	Same:	1,04	29,64	0,89	2,76	14,95	1,98	—	—	46,73	?	1,18	1,01	9
" . . .	Stengel und Blätter:	5,49	36,30	1,25	10,84	5,68	2,35	—	—	8,33	5,21	28,82	—	1
Erbsen: . . .	Same:	3,09	41,22	2,92	6,13	6,86	0,68	—	—	36,29	3,49	0,84	2,50	24
" . . .	Stroh:	6,48	20,33	4,81	41,53	8,56	1,37	—	—	8,60	4,98	5,76	4,61	23
Saubohnen: .	Same:	3,29	44,84	0,81	5,39	7,28	?	—	6,59	34,21	2,93	0,65	1,56	7
Gartenbohnen: .	Same:	3,03	46,10	1,27	7,92	8,48	0,25	—	—	31,13	3,52	0,60	0,98	7
Saubohnen: .	Stroh:	6,49	31,91	6,80	23,53	6,47	2,28	—	4,15	7,51	0,23	6,93	3,93	5
Gartenbohnen: .	Stroh:	6,20	28,26	12,18	27,56	6,31	1,16	—	—	9,49	4,16	5,01	7,65	4

Linse: . . .	Same:	2,06	27,84	9,90	5,07	1,98	1,61	—	—	29,07	—	1,07	3,99	1
Wicken: . . .	Same:	2,40	30,74	10,83	4,82	8,55	0,75	—	—	38,27	4,13	1,01	1,22	2
"	Blühende Pflanze:	8,75	36,76	2,70	24,74	6,36	0,63	—	—	12,60	2,81	5,39	2,02	2
Rothklee: . . .	Same:	4,18	35,75	0,53	5,56	12,80	1,24	—	—	38,65	6,73	0,93	1,[illegible]2	2
Weißklee: . . .	Same:	3,60	36,51	0,54	7,18	11,43	1,87	—	—	34,27	4,84	2,21	1,49	1
Steyrischer Klee:	Same:	4,92	38,57	0,57	6,60	13,13	1,83	—	—	32,48	2,67	3,17	1,28	1
Esparsette: . .	Same:	5,27	24,75	2,37	27,39	5,77	1,38	—	—	20,74	2,81	0,71	0,88	1
Buchweizen: .	Same:	1,07	23,07	6,15	3,20	13,44	2,08	—	—	47,97	2,08	—	1,93	2
Weiße Lupine: .	Same:	—	33,54	17,79	7,75	6,18	—	—	—	25,53	6,80	0,87	2,01	1
Gelbe Lupine: .	Same:	4,72	29,49	0,29	7,67	13,97	0,97	—	—	41,25	5,03	2,46	0,38	2
Blaue Lupine: .	Same:	3,38	31,90	0,81	9,87	10,91	0,73	—	—	39,03	5,58	0,59	0,34	1
Raps: . . .	Same:	4,05	22,23	0,41	16,34	13,26	1,33	—	—	44,25	0,64	1,00	0,14	15
" . . .	Stroh:	6,82	28,39	6,39	30,71	5,38	1,95	—	2,39	6,36	5,79	4,59	9,05	12
Lein:	Same:	3,65	32,42	1,82	9,31	12,45	1,01	—	—	40,66	1,08	1,10	0,34	4
"	Stengel:	4,08	37,47	5,13	22,60	5,97	4,43	—	—	10,33	4,91	7,61	3,97	6
"	Ganze Pflanze:	4,26	34,28	4,96	16,50	8,38	0,22	—	—	20,32	4,45	2,70	5,90	3
"	Samenhülle:	7,37	27,93	3,85	26,60	2,50	2,02	—	—	2,61	4,26	15,43	5,99	1
"	Blätter:	8,83	19,38	—	29,87	2,80	3,24	—	—	3,41	3,66	25,93	2,51	1
"	Faser der feinen Sorte:	1,12	1,70	3,33	47,00	2,60	3,84	—	—	3,79	1,90	15,96	Spur	1
"	Faser der groben Sorte:	0,76	4,47	0,62	54,58	0,27	3,08	—	—	4,95	3,81	6,18	—	1
Hanf: . . .	Same:	5,48	20,11	0,78	23,48	5,63	0,99	—	—	36,28	0,17	11,82	0,07	2
" . . .	Ganze Pflanze:	4,60	17,58	3,03	41,75	9,24	0,54	—	—	10,97	2,66	7,78	2,36	2
" . . .	Blätter und Stengel:	4,54	7,48	0,72	42,05	4,88	—	—	—	3,22	1,10	6,75	1,53	1
Hopfen: . . .	Zapfen:	5,95	36,29	2,11	18,38	4,70	1,82	—	—	13,22	?	17,09	3,49	10
" . . .	Blüthen:	7,75	28,79	2,76	11,95	5,10	1,70	—	—	16,16	6,74	18,71	6,20	2
" . . .	Blätter:	17,77	15,83	3,65	42,33	3,50	1,32	—	—	7,07	3,60	18,78	4,35	2
" . . .	Ranken:	7,28	31,17	1,58	26,92	4,28	0,91	—	—	13,27	2,64	11,34	10,16	1

Name der Pflanze	Name der Pflanzentheile	Aschen-Procente	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Thonerde	Schwefel	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor	Zahl der benutzten Analyse.
Hopfen: . . .	Ganze Pflanze:	9,87	26,24	3,84	15,98	5,77	5,12	—	—	12,13	5,41	21,50	5,16	1
Tabak: . . .	Blätter:	19,05	23,50	4,73	37,65	11,72	3,98	—	—	4,09	4,07	1,13	5,70	14
Runkelrüben: .	Wurzel:	8,60	54,74	11,71	4,66	4,88	1,05	—	—	9,45	2,68	3,49	7,10	7
" .	Blätter:	18,94	21,80	22,40	14,08	11,73	1,39	—	—	6,16	6,90	5,40	11,94	7
Turnips: . .	Wurzel:	9,43	43,39	9,23	8,88	3,68	1,02	—	—	12,75	12,24	1,75	3,58	15
" . .	Blätter:	14,66	21,80	7,23	31,09	4,03	1,76	—	—	8,22	8,93	2,80	9,91	10
Stoppelrübe: .	Wurzel:	7,44	52,24	4,04	10,24	3,94	0,87	—	—	11,72	8,90	4,03	4,03	2
Mohrrübe: . .	Wurzel:	6,02	36,40	17,74	10,10	4,86	1,03	—	—	12,31	4,51	2,32	3,11	7
" . .	Blätter:	14,58	13,48	19 20	30,40	3,71	2,74	—	—	4,87	7,37	6,66	4,98	5
Zuckerrübe: . .	Wurzel:	4,04	49,10	7,92	6,47	9,45	1,15	—	—	14,97	4,97	3,55	2,57	38
" . .	Blätter:	23,89	24,64	14,62	16,89	17,97	1,46	—	—	7,15	7,06	4,06	5,27	3
Kartoffel: . .	Knolle:	4,09	62,66	1,12	2,14	4,81	0,93	—	—	16,71	6,55	2,03	3,98	38
" . .	Kraut:	10,64	16,84	2,92	39,13	14,52	3,77	—	—	5,71	5,26	6,11	7,66	4
Wiesenheu: . .	—	8,24	16,48	6,10	13,97	5,68	0,90	—	—	6,34	5,19	31,29	8,91	13
Roth. Klee-Heu:	—	7,03	33,51	1,96	33,33	9,84	2,48	—	—	9,59	3,32	5,25	2,75	26
Weißklee-Heu: .	—	8,75	17,49	7,73	32,23	9,94	2,40	—	—	14,07	8,81	4,50	3,65	
Heu von Esparsette: . . .	—	6,44	39,06	2,00	32,28	5,74	0,74	—	—	10,33	3,40	4,01	3,16	2
Heu von Luzerne:	—	6,30	28,10	0,97	42,70	5,60	0,73	—	—	8,60	6,40	2,40	1,70	4
Ital. Raygras:	—	6,80	10,60	2,53	10,54	3,85	1,45	—	—	12,07	2,19	55,07	1,67	3
Thimotheegras:	—	5,29	25,73	1,79	15,57	5,52	0,28	—	—	11,76	5,17	32,39	2,29	1

Kapitel VI.

§. 126.

I. Vertheilung der Mineralstoffe in den einzelnen Organen der Pflanzen.

Ueber die Vertheilung der Mineralstoffe in den einzelnen Theilen der Pflanze bieten die eben angeführten Tabellen schon Manches dar, da dieselben die Aschenmenge und die Beschaffenheit derselben bei den Samen und dem Stroh, theilweise auch bei der Spreu, oder die der Wurzel und des Krautes ꝛc. zeigen. Diese Angaben genügen jedoch für die zu besprechende Frage noch nicht; da bei derselben auf noch mehrere Theile der Pflanzen Rücksicht genommen werden muß.

Untersuchungen über die Verschiedenheit der Aschenbestandtheile in den einzelnen Organen derselben Pflanze liegen außer den älteren von Saussure, Berthier, Hartwig, Vogel u. s. w. eine große Reihe neuerer vor, wie von Norton (Hafer), Way und Ogston (Kartoffel), E. Wolff (Kastanienbaum), R. Arendt (Hafer), Bretschneider (Hafer, Mosarhirse, Zuckerrübe, weiße, grünköpfige Riesenmöhre), Scheven (Gerste), Pierre (Raps, Ulbricht (Rothklee), Anderson (Turnipsrübe), Wunder (Turnipsrübe), Hellriegel (Rothklee), Weinhold (Futterkraut), Fittbogen (Phragmites communis).

Es kann hier meine Aufgabe nicht sein, alle diese Untersuchungen zu besprechen, sondern es genügt für den hier vorliegenden Zweck, die Vertheilung der Mineralstoffe in den einzelnen Organen der Pflanzen darzuthun, einige dieser Untersuchungen anzuführen.

A. Bei den Cerealien.

Ich werde hier die Arbeit von Arendt über die Haferpflanze, welche zu den ausführlichsten, die überhaupt vorliegen, gehört, als Vertreterin der Cerealien kurz besprechen.

Die von Arendt zur Untersuchung benutzten Pflanzen waren auf einem Felde, welches im Jahre vorher mit Guano zu Roggen gedüngt war, gewachsen. Arendt bestimmte den Aschengehalt und die einzelnen Bestandtheile desselben, sowie die Holzfaser, das Fett, die stickstofffreie und stickstoffhaltige Substanz des unteren, mittleren und oberen Stengels, der unteren und oberen Blätter und der Aehrchen, und fand hier für die Mineralstoffe:

	Untere Stengel	Mittlere Stengel	Obere Stengel	Untere Blätter	Obere Blätter	Aehrchen
Kieselsäure	4,10	9,31	20,73	34,02	41,86	26,05
Schwefelsäure	0	1,30	1,18	3,26	7,53	4,96
Phosphorsäure	2,78	1,43	2,78	1,75	1,53	36,50
Eisenoxyd	1,05	0,02	0,20	2,75	0,59	Spur
Kalkerde	3,64	5,31	8,67	16,74	17,29	7,35
Magnesia	2,18	3,60	3,92	3,84	3,99	8,96
Chlor	8,61	11,74	7,49	1,68	2,49	3,84
Natron	0,41	1,58	1,09	0,94	0,42	0,15
Kali	81,20	68,38	55,94	36,91	24,81	13,03

Aus diesen Analysen ergiebt sich für die einzelnen Mineralstoffe folgendes:

1. Kieselsäure; der procentige Gehalt derselben steigt im Halme von unten nach oben und ist in den Blättern bedeutend beträchtlicher als in dem Halme.

2. Schwefelsäure; die Stengelaschen enthalten nur geringe Mengen dieser Säure; die Blattaschen sind dagegen bedeutend reicher an derselben und zwar die oberen reicher als die unteren; bei den Aehrchen nimmt dieselbe wieder ab.

3. Phosphorsäure; dieselbe ist in den Stengeln und Blättern nur in geringer Menge enthalten, wobei diese noch ärmer als jene an derselben sind; dagegen ist die Asche der Aehrchen reich an Phosphorsäure.

4. Eisenoxyd; die Menge des Eisenoxyds, welches überhaupt in den Pflanzen nur in geringen Mengen vorkommt, ist in den unteren Stengeln und Blättern am größten, nimmt dagegen nach oben hin ab.

5. Kalk; der Gehalt der Stengel an Kalk ist ein bedeutend niedrigerer als der der Blätter; er nimmt in den Stengeln sowie Blättern von unten nach oben zu; in den Aehrchen findet dagegen wieder eine bedeutende Abnahme statt.

6. Magnesia; dieselbe nimmt sowohl in den Stengeln wie Blättern zu, jedoch ist ihre Menge in diesen Theilen dem Kalk

gegenüber, vor Allem in den Blättern, nur eine geringe, dagegen ist der Gehalt der Aehrchen an derselben von allen Theilen der bedeutendste: er übertrifft hier den an Kalk.

7. Chlor; dasselbe findet sich in den Stengeln in bedeutend größerer Menge als in den Blättern. In den Aehrchen steigt der Gehalt an demselben den letzteren gegenüber wieder etwas.

8. Natron; dasselbe kommt in allen Theilen nur in geringen Mengen vor.

9. Kali; dasselbe ist in den Stengeln der bedeutend vorwiegendste Bestandtheil; es nimmt in denselben aber von unten nach oben hin ab; letzteres gilt auch von dem Kaligehalt der Blätter, der in diesen schon bedeutend sinkt, was aber noch mehr bei den Aehrchen der Fall ist.

§. 127.

B. Bei den Leguminosen.

Ueber die Vertheilung der Aschenbestandtheile bei den Leguminosen liegen nur Untersuchungen über den Rothklee vor.

Hier führe ich die Untersuchungen von Ulbricht in Dahme an, welche im Jahre 1858–59 angestellt wurden und bei denen der Klee in lehmigem Sandboden gewachsen war. Ulbricht bestimmte hierbei die Zusammensetzung der Asche der Stengel, Blattstiele, Blätter und Blüthen und ferner in einer anderen Versuchsreihe auf tiefgründigen, humosen Sandboden, theilweise die Bestandtheile derselben Theile, dann auch noch die der Samen. Die Untersuchung ergab:

	Stengel	Blattstiele	Blätter	Blüthen	Samen
Kali	7,2	9,4	4,3	30,9	34,5
Natron	3,7	0	1,3	1,0	0,3
Kalkerde	40,9	50,0	70,4	28,7	6,2
Magnesia	33,1	20,6	12,2	10,6	13,5
Phosphorsäure	9,2	11,8	8,3	20,2	43,4
Schwefelsäure	Spur	0	?	0,3	Spur
Chlor	2,3	3,3	0,4	3,0	1,3

Die Bestimmung des Schwefels geschah nur bei einzelnen Theilen.

Die Analysen zeigen:

1. Kali; dasselbe ist zur Zeit der Reife in den Stengeln und Blättern verhältnißmäßig nur in geringen Mengen enthalten,

während es in den Blüthen und Samen mit den hervorragendsten Bestandtheil ausmacht.

2. Natron; dasselbe kommt auch bei den Leguminosen in allen Theilen derselben nur in geringen Mengen vor.

3. Kalkerde; dieselbe nimmt in den Stengeln, Blattstielen und Blättern von allen Aschenbestandtheilen die erste Stelle ein, tritt dagegen in der Blüthe und noch mehr in den Samen bedeutend zurück.

4. Magnesia; nächst der Kalkerde macht diese in den Stengeln, Blattstielen und Blättern den Hauptbestandtheil aus, in den Blüthen und Samen nimmt sie dagegen erst die 4te resp 3te Stelle ein, ist aber im Samen, dem Kalk gegenüber, in beträchtlicher Menge vorhanden.

5. Phosphorsäure; dieselbe nimmt in Stengeln, Blättern und Blattstielen die 3te Stelle ein; ihre Menge ist in den letzteren von den dreien am größten; in den Blüthen steigt dieselbe aber bedeutend und noch mehr in den Samen, wo sie den vornehmsten Bestandtheil ausmacht.

6. Schwefelsäure; die Menge dieser Säure ist in allen Theilen nur eine unbedeutende; leider ist der Schwefel nicht überall bestimmt, so daß so die Gesammtmenge des Schwefels nicht mit der der übrigen Stoffe verglichen werden kann.

7. Chlor; dieses kommt ebenfalls in allen Theilen nur in geringen Mengen vor; in größter Menge findet es sich in den Blattstielen und Blüthen, dagegen in geringster im Samen.

C. Bei den Cruciferen.

Was ferner die Cruciferen anbetrifft, so liegt hier nur eine Untersuchung über den Raps von Pierre vor, bei welcher jedoch nicht sämmtliche Bestandtheile, sondern nur die Phosphorsäure, der Kalk und die Alkalisalze bestimmt sind, weshalb ich diese Untersuchung hier nicht weiter bespreche.

§. 128.

D. Bei den Wurzel- und Knollengewächsen.

Was die Vertheilung der Aschenbestandtheile auf die einzelnen Organe bei den Wurzel- und Knollengewächsen anbetrifft, so sind bei den meisten nur Wurzeln und Blätter in Betracht gezogen worden. Da wir nun diese ja in den obigen Tabellen kennen ge-

lernt haben, so ist eine Anführung derselben hier nicht erforderlich. Von Bretschneider allein liegt eine Untersuchung über die Vertheilung der Aschenbestandtheile in den einzelnen Blattkreisen der Zuckerrübe vor, welche hier noch angeführt zu werden verdient.

Bretschneider untersuchte die Blätter von fünf verschiedenen Blattkreisen und fand hier folgendes, wobei ich noch bemerke, daß I. den äußeren Blattkreis und die andern Zahlen, die nächstfolgenden bezeichnen:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kali	18,74	25,98	32,78	37,41	50,27
Natron	15,21	14,43	15,79	15,01	11,09
Chlornatrium	5,76	6,39	5,82	6,02	6,55
Kalkerde	24,20	19,21	18,20	15,77	4,76
Magnesia	24,48	22,29	13,05	8,95	6,71
Eisenoxyd	1,42	0,49	0,63	0,58	0,51
Phosphorsäure	3,30	4,81	5,82	8,90	12,69
Schwefelsäure	5,37	5,61	5,63	5,22	5,86
Kieselsäure	1,52	0 79	2,68	2,14	1,56

Diese Analysen zeigen uns, daß während der Gehalt an Kali und an Phosphorsäure von außen nach innen bedeutend steigt, der an Kalk und an Magnesia dagegen abnimmt; der Schwefelsäure-Gehalt ist in allen Blattkreisen derselbe; dasselbe gilt in geringen Schwankungen vom Natron.

Bemerkt muß hier zugleich noch werden, daß die Zusammensetzung der Blätter der Knollen- und Wurzelgewächse eine außerordentlich schwankende ist, wie dies die Zusammenstellung der über dieselben vorliegenden Analysen auf der Tabelle p. 333 u. f. zeigt; die Untersuchung Bretschneider's giebt hierfür zum Theil eine Erklärung.

§. 129.

II. Zusammensetzung der Asche in den verschiedenen Perioden der Entwickelung der Pflanzen.

Untersuchungen über die Vertheilung der Aschenbestandtheile in den einzelnen Vegetationsperioden, welche großes Interesse darbieten, liegen ebenfalls schon in ziemlich zahlreicher Menge vor.

Ich nenne hier die Arbeiten von Norton (Hafer), Way und Ogston (Kartoffel), Schulz-Fleeth (Roggen), Arendt (Hafer), Scheven (Gerste), Bretschneider (Hafer, Mosarhirse und weiße, grünköpfige Riesenmöhre), Küllenberg (Lein), Ritthausen (Wicke, Erbse und Luzerne), Ulbricht (Rothklee), Dietrich (Rothklee), Wunder (Turnipsrübe), Anderson (Turnipsrübe), Weinhold (Futterkraut), E. Heiden (Kartoffel).

Diese Untersuchungen haben sich theilweise auf die Erforschung der Bestandtheile der Pflanzen und ihrer einzelnen Organe, theilweise nur auf die der ganzen Pflanze in den einzelnen Vegetationsperioden erstreckt. Es kann auch natürlich bei dieser Frage meine Aufgabe nicht sein, die sämmtlich vorliegenden Arbeiten zu besprechen, sondern ich werde mich auch hier auf eine kurze Beschreibung einiger dieser Arbeiten zu beschränken haben.

A. Bei den Cerealien.

Als Repräsentanten für die Cerealien nehme ich auch hier die Haferpflanze und die Untersuchung derselben von Arendt, die wir zum Theil schon in dem vorigen Kapitel kennen gelernt haben.

Arendt untersuchte die Haferpflanze am 10. Juni (1. Periode), am 30. Juni (2. Periode), am 10. Juli (3. Periode), am 21. Juli (4. Periode) und am 31. Juli (5. Periode, völlige Reife).

In allen Perioden wurden die einzelnen Theile, soweit sie vorhanden waren, wie untere, mittlere und obere Stengel, untere und obere Blätter und die Aehrchen untersucht.

Die Resultate zeigt die folgende Tabelle:

	Untere Stengel:					Mittlere Stengel:				Obere Stengel:			
	Per. I.	Per. II.	Per. III.	Per. IV.	Per. V.	Per. II.	Per. III.	Per. IV.	Per. V.	Per. II.	Per. III.	Per. IV.	Per. V.
Kieselsäure	5,89	6,72	6,42	4,66	4,10	6,43	6,30	8,00	9,31	6,04	9,16	18,12	20,43
Schwefelsäure . .	4,03	2,15	0	0	0	0,90	1,11	1,20	1,30	Spur	1,03	1,06	1,18
Phosphorsäure . .	13,31	6,09	4,48	3,04	2,78	7,47	10,23	3,68	1,43	4,21	14,14	2,54	2,78
Eisenoxyd .	0,61	0,59	0,14	1,28	1,05	0,30	0,19	0,12	0,02	0,25	0,28	0,13	0,20
Kalk . .	4,72	6,05	4,19	3,56	3,64	7,91	4,87	5,30	5,31	7,24	6,27	7,27	8,67
Magnesia	4,69	3,86	2,14	2,34	2,18	4,69	4,41	4,14	3,60	5,87	3,87	5,26	3,92
Chlor . .	11,63	10,28	8,22	7,34	8,61	9,79	8,83	10,72	11,74	3,04	5,79	7,95	7,49
Natron .	11,15	4,16	2,40	1,37	0,41	2,92	2,34	0,96	1,58	2,04	2,19	0,95	1,09
Kali . .	46,59	57,55	58,67	78,03	81,20	61,79	63,71	68,30	68,38	61,95	57,59	58,49	55,95

	Untere Blätter: Periode					Obere Blätter: Periode					Aehrchen: Periode			
	I.	II.	III.	IV.	V.	I.	II.	III.	IV.	V.	II.	III.	IV.	V.
Kieselsäure . .	23,89	30,20	30,39	33,80	34,02	11,35	18,72	29,24	39,38	41,86	28,34	36,37	27,49	26,05
Schwefelsäure	2,22	7,04	4,41	2,85	3,26	3,35	5,00	5,84	6,84	7,53	2,90	Spur	1,51	4,96
Phosphorsäure	5,41	3,34	3,06	2,40	1,75	12,75	7,70	4,79	2,06	1,53	15,10	20,85	33,50	36,50
Eisenoxyd . .	0,53	0,92	1,38	2,09	2,75	0,53	0,54	0,66	0,73	0,59	0,46	0,14	Spur	Spur
Kalkerde . . .	15,28	12,83	16,69	17,20	16,73	9,87	16,02	16,75	16,25	17,19	8,96	8,76	8,69	7,35
Magnesia . .	2,91	2,27	1,88	2,59	3,84	5,82	3,18	2,88	3,41	3,99	5,72	6,01	7,25	8,96
Chlor	7,07	5,06	4,98	3,13	2,49	7,07	5,06	4,98	3,13	2,49	4,82	3,79	5,00	3,84
Natron . . .	2,24	0,99	0,64	1,19	0,94	0,24	2,27	1,28	0,98	0,42	1,26	1,59	0,60	0,15
Kali	43,88	42,23	38,61	36,37	36,91	50,42	41,22	34,66	27,99	24,81	33,68	22,56	17,14	13,03

Aus diesen Analysen folgt:

1. Kieselsäure; der procentische Gehalt an derselben steigt im Halme von unten nach oben und mit dem Alter; in den Blättern ist er an und für sich beträchtlich höher als im Halme, steigt aber regelmäßig nur mit dem Alter, wogegen er von unten nach oben bis zur Blüthezeit ab= und nach derselben aber zunimmt.

2. Schwefelsäure; die Stengelasche ist in allen Perioden sehr arm an dieser Säure; bedeutend reicher sind die Blätter, bei denen der Gehalt bis auf 7,5 % steigt; bei den Aehrchen ist die Menge eine schwankende: in der Blüthezeit ist sie bei denselben bis auf eine Spur verschwunden, steigt dann aber wieder bis zur Reife auf 5 %.

3. Phosphorsäure; der Gehalt an Phosphorsäure ist während des Wachsthums bedeutenden Schwankungen unterworfen; in den unteren Stengel fällt er continuirlich von 13,3 auf 2,8; in den mittleren findet zuerst eine Steigerung von 7,5 auf 10,2, dann aber ebenfalls eine Verminderung auf 1,4 % statt; in den oberen tritt, wie in den mittleren zuerst eine Vermehrung von 4,2 auf 14,1 ein, dann aber ebenfalls eine Abnahme bis auf 2,8 %. Für die unteren Blätter, deren Gehalt an Phosphorsäure überhaupt ein geringer ist, gilt dasselbe, was eben von den unteren Stengelgliedern angegeben ist: eine beständige Abnahme von 5,4 auf 1,7 %; demselben Gesetze sind die oberen Blätter unterworfen, nur daß der Gehalt derselben in der ersten Periode ein wesentlich bedeutenderer als der der unteren ist. Bei den Aehrchen sehen wir fortwährende Steigerung, von 15,1 auf 36,5 %.

4. Eisenoxyd; dasselbe kommt stets nur in geringen Mengen vor; der Gehalt der Stengel an demselben ist ein schwankender; bei den Blättern findet mit dem Alter eine Zunahme statt, welche bei den unteren bedeutender als bei den oberen ist; bei den Aehrchen tritt dagegen Abnahme ein, so daß sich in der letzten Periode nur Spuren finden.

5. Kalkerde; die Menge derselben ist bei den Stengeln in den einzelnen Perioden Schwankungen ausgesetzt, die aber je weiter nach oben um so geringer werden; bei den Blättern, die bedeutend kalkreicher sind als die Stengel, findet mit wenigen Ausnahmen eine Zunahme statt; bei den Aehrchen dagegen eine geringe Abnahme.

6. Magnesia; der Gehalt der Stengel an Magnesia nimmt mit wenigen Ausnahmen mit dem Alter ab, und ist geringer als der an Kalk; in den Blättern, deren Gehalt an Magnesia im Verhältniß zum Kalk noch ein bedeutend geringerer als der der Stengel ist, finden Schwankungen statt; zunächst nämlich Abnahme und dann wieder Zunahme.

7. Chlor; bei den unteren Stengeln tritt mit Ausnahme der letzten Periode eine Verminderung desselben von 11,6 auf 7,4 % ein, in den mittleren mit Ausnahme der 2. Periode eine Steigerung von 9,8 auf 11,74 %; dasselbe gilt von den oberen; in den Blättern dagegen fällt der Gehalt an Chlor mit dem Alter, so bei den

unteren von 4,7 auf 1,7 und bei den oberen von 7,07 auf 2,49 %. Die Menge des Chlors in den Aehrchen ist Schwankungen unterworfen, so daß der Gehalt derselben in der 2ten und 4ten (4,8 und 5,0) und in der 3ten und 5ten (3,8) fast gleich ist.

8. Natron; die Natronmenge der einzelnen Stengelglieder ist eine verschiedene; die untersten enthalten am meisten, bei ihnen findet mit dem Alter eine regelmäßige Abnahme statt; die mittleren und oberen sind arm an Natron: hier zeigt sich eine Abnahme bis zur 4ten Periode und dann eine geringe Steigerung. Der Natrongehalt der Blätter ist ein geringer und schwankender; bei den Aehrchen, welche am wenigsten von dieser Basis enthalten, findet in der ersten Periode eine geringe Vermehrung (von 1,3 auf 1,6) und dann eine Verminderung bis auf 0,15 % statt.

9. Kali; diese Basis ist der vornehmste Bestandtheil des Stengels; ihre Menge steigt in dem untern und mittleren mit dem Alter (von 46,6 auf 81,2 resp. von 61,8 auf 68,4), in dem oberen tritt dagegen eine Abnahme von 62 auf 56 % ein. Dieselbe Verminderung des Kaligehalts mit dem Alter sehen wir bei den Blättern und Aehrchen, so daß er in den unteren Blättern von 43,9 auf 36,9, in den oberen von 50,4 bis auf 24,8 und in den Aehrchen von 36,7 auf 13,03 % fällt.

§. 129.

B. Bei den Leguminosen.

Von Ritthausen liegen Untersuchungen über die Vertheilung der Mineralstoffe in den einzelnen Vegetationsperioden von Leguminosen vor, von denen ich hier die mit Erbsen angestellten anführe.

Ritthausen hat die ganze Pflanze in 3 Perioden und zwar am 9. und 25. Juli und am 6. August untersucht und hierbei folgende Resultate erhalten:

	9. Juli	25. Juli	6. August
Kalkerde	22,3	28,7	29,8
Talkerde	7,2	8,2	9,1
Kali	46,9	40,8	37,7
Natrium	1,8	0,2	1,1
Kieselsäure	1,2	2,6	1,3
Schwefelsäure	3,6	3,5	5,0
Chlor	3,2	1,8	2,0
Phosphorsäure	12,5	13,2	13,2
Eisenoxyd	1,3	1,1	0,7
Asche in der trocknen Pflanzenmasse:	8,1	7,4	7,7

Diese Analysen zeigen somit bei den Erbsen eine progressive Zunahme des Kalks und der Magnesia und eine Abnahme der Alkalien mit dem Alter. Die Kieselsäuremenge ist im Gegensatz zu den Cerealien eine geringe; der Gehalt an Phosphorsäure steigt von der ersten zur 2ten Periode, bleibt dann aber in der 3ten Periode derselbe wie in der 2ten.

§. 130.

C. Bei den Wurzelgewächsen.

Von den Untersuchungen, welche über die Entwickelung der Wurzelgewächse vorliegen, führe ich die von Wunder mit Turnips an.

Bei diesen Versuchen erfolgte die Aussaat am 18. Mai und von da wurden die Pflanzen im Alter von 3, 7, 13, 18 und 24 Wochen untersucht, wobei Blätter und Wurzeln für sich der Analyse unterworfen sind. Wunder erhielt hierbei die folgenden Resultate:

1. Blätter:

	nicht verpflanzt:		verpflanzt:		
	3 Wochen	7 Wochen	13 Wochen	18 Wochen	24 Wochen
Eisenoxyd . . .	3,17	5,22	4,25	2,37	0,94
Kalk	37,72	43,25	32,04	31,52	34,50
Magnesia . . .	7,40	8,08	4,62	4,87	4,79
Kali	20,56	12,02	19,55	22,29	23,82
Natron . . .	3,11	2,07	4,56	—	1,89
Chlorkalium . .	—	—	—	6,85	—
Chlornatrium .	3,17	5,81	9,81	11,98	13,87
Phosphorsäure .	11,40	7,00	9,68	8,33	9,37
Schwefelsäure .	9,40	5,52	9,74	9,80	9,01
Mineralsubstanz in 100 Theilen Trockenmasse:	17,02	10,15	16,01	15,67	13,77

Wurzeln:

	nicht verpflanzt:		verpflanzt:		
	3 Wochen	7 Wochen	13 Wochen	18 Wochen	21 Wochen
Eisenoxyd . . .	3,29	5,33	6,26	1,81	1,75
Kalk	31,00	21,32	8,47	8,25	9,28
Magnesia . . .	6,86	7,99	4,50	4,07	3,82
Kali	25,52	21,95	32,36	41,81	43,12
Natron . . .	9,60	7,10	11,82	4,18	5,46
Chlornatrium .	?	3,93	5,11	9,72	7,21
Phosphorsäure .	7,69	10,66	13,67	15,03	16,92
Schwefelsäure .	10,15	14,47	12,26	12,54	11,14
Kieselsäure . .	5,89	7,23	5,56	2,60	1,31
Mineralsubstanz in 100 Theilen Trockensubstanz:	17,73	7,88	11,34	8,85	9,16

Die Analysen lassen erkennen, daß der Gehalt der Wurzeln an Kali und Phosphorsäure mit dem Alter steigt; der Kalkgehalt, sowie auch der an Magnesia sich dagegen mit dem Alter der Wurzeln verringert, und daß die übrigen Stoffe theilweise nicht unbedeutenden Schwankungen unterworfen sind. Bei den Blättern variirt der Kali= sowie Phosphorsäuregehalt in den einzelnen Perioden, jedoch nur unbedeutend. Kalkerde und Magnesia nehmen von der 2ten Periode mit dem Alter der Pflanze ab. Der Kieselsäuregehalt ist in den älteren Pflanzen beträchtlich geringer, als in den jungen.

In Betreff des Kalkgehalts hat Anderson, wie ich hier noch erwähnen muß, bei den Blättern eine stetige Verminderung erhalten, während der der Wurzeln sich fast gleich blieb. Die Resultate Wunder's wurden von ihm bei einem 2. Versuche im Allgemeinen bestätigt gefunden.

§. 131.

D. Bei den Knollengewächsen.

Für die Knollengewächse führe ich eine Untersuchung von mir über die Vertheilung der Mineralstoffe in den Kartoffel=Knollen in vier verschiedenen Perioden an.

Die Kartoffeln (die weißfleischige, sächsische Zwiebel) waren am 29. April gelegt; die Knollen wurden am 30. Juli, 18. August, 2. und 30. September geerntet. Die Untersuchung ergab:

	Am 30./7. geerndtet.	Am 18./8. geerndtet.	Am 2./9. geerndtet.	Am 30./9. geerndtet.
Eisenoxyd	1,64	1,93	2,04	1,92
Kalkerde	2,94	2,63	3,14	2,03
Magnesia	1,40	3,95	3,60	4,26
Kali	66,32	63,75	63,46	64,80
Natron	2,60	2,22	1,85	1,44
Chlor	5,14	4,33	5,00	3,39
Schwefelsäure . . .	4,46	4,09	5,04	4,72
Phosphorsäure . . .	13,04	15,74	14,59	16,84
Kieselsäure	3,01	2,34	2,42	1,36
Aschengehalt der Trockensubstanz in Procenten: . .	5,76	4,21	4,89	4,54

Bei den hier gewählten Perioden, welche für ein richtiges Bild der Entwickelung der Kartoffel noch nicht früh genug gegriffen

sind, finden wir keine bedeutenden Schwankungen im Gehalt an den einzelnen Bestandtheilen; wir sehen, daß im Allgemeinen der Gehalt der Knollen an Kalkerde, Kali, Natron und Kieselsäure ab- und der an Magnesia und Phosphorsäure zunimmt, während die übrigen Bestandtheile geringen Schwankungen unterworfen sind.

§. 132.

III. Welchen Einfluß übt die äußere Entwickelung auf die Zusammensetzung der Asche der Pflanzen aus.

Für die Beantwortung dieser entschieden sehr wichtigen Frage liegen leider nur wenige Arbeiten vor. Der erste, welcher Pflanzen von gleicher Vegetations-Zeit, aber verschiedenem Grade der Entwickelung der Untersuchung unterworfen, war Ritthausen, dem bis jetzt nur Arendt gefolgt ist.

Ritthausen stellte seine Untersuchungen mit Hafer, Gerste, Weizen und Roggen an und zwar wurden diese Pflanzen in verschiedenem Alter (aber nicht bis zur vollständigen Reife), ganz der Analyse unterworfen.

Die Resultate seiner Untersuchungen, bei denen außer der Asche und deren Bestandtheile noch die Trockensubstanz und der Stickstoff bestimmt wurden, sind folgende:

A. Hafer.

	16. Juni 1856		17. Juni 1856		26. Juni 1857	
	fett	mager	fett	mager	fett	mager
Kieselsäure	15,37	25,31	15,82	30,92	25,34	32,02
Kalk	7,79	6,62	5,22	4,26	9,74	9,51
Magnesia	—	—	—	—	7,76	5,40
Kali	—	—	57,76	45,89	22,58	28,15
Chlorkalium	—	—	—	—	9,40	7,20
Natron	—	—	—	—	7,76	1,28
Phosphorsäure	5,05	4,45	4,21	5,73	10,95	12,08
Schwefelsäure	3,83	3,58	5,45	5,45	5,95	4,11
Eisenoxyd	—	—	—	—	0,60	0,38
Kohlensäure	—	—	—	—	Spur	nicht vorhanden.
Asche der frischen Substanz	—	—	1,62	1,64	1,18	1,29
Trockensubstanz	12,10	13,71	15,11	20,82	21,82	24,14

B. Gerste.

	12. Juni 1856		22. Juni 1857		16. Juni 1856	
	fett	mager	fett	mager	fett	mager
Kieselsäure	13,85	25,69	23,48	33,51	18,60	32,31
Kalk	7,39	8,96	11,53	9,94	7,26	3,13
Magnesia	3,00	3,16	5,73	5,42	2,85	2,65
Kali	—	—	27,94	23,34	48,18	45,74
Chlorkalium	—	—	15,91	11,61	Chlor nicht bestimmt	
Natron	—	—	2,49	3,21	—	—
Phosphorsäure	7,47	5,06	6,74	8,51	7,78	11,01
Schwefelsäure	5,07	4,62	4,37	3,87	3,83	2,59
Eisenoxyd	—	—	0,59	0,55	—	—
Kohlensäure	—	—	Spur	nicht vorhanden	Spur	nicht vorhanden
Asche der frischen Substanz	1,79	1,97	1,49	1,58	1,83	1,77
Trockensubstanz	12,85	18,49	21,82	24,14	15,63	22,29

C. Roggen.

	2. Juni 1856	
	fett	mager
Kieselsäure	21,22%	37,36%
Kalk	11,30	6,89
Phosphorsäure	11,65	12,73
Schwefelsäure	6,43	3,76
Kohlensäure	Spur	nicht vorhanden
Asche der frischen Substanz	1,55	1,82
Trockensubstanz	33,46	35,76

Die übrigen Stoffe sind nicht bestimmt.

D. Weizen.

	3. Juni 1856		10. Juni 1856		17. Juni 1856		29. Juni 1857	
	fett	mager	fett	mager	fett	mager	fett	mager
Kieselsäure . .	25,39	29,83	31,31	51,68	29,78	53,30	46,25	58,75
Kalk	4,27	3,90	9,03	3,25	4,58	3,63	7,73	4,09
Magnesia . . .	—	—	—	—	—	—	3,63	2,25
Kali	—	—	—	—	—	—	24,86	20,90
Chlorkalium . .	—	—	—	—	—	—	6,55	3,68
Natron . . .	—	—	—	—	—	—	Spur	Spur
Phosphorsäure .	7,66	8,98	9,01	6,84	5,04	8,48	6,63	8,49
Schwefelsäure . .	3,37	3,51	5,07	2,67	3,66	2,62	2,68	1,53
Eisenoxyd . . .	—	—	—	—	—	—	0,23	0,20
Kohlensäure . .	—	—	—	—	—	—	Spur	nicht vorhanden
Asche der frischen Substanz . .	1,85	2,23	1,60	1,30	1,91	2,09	—	—
Trockensubstanz .	22,65	23,53	23,92	25,27	20,67	29,03	30,07	36,64

Aus diesen Versuchen folgert Ritthausen im Wesentlichen:

1. Die höher entwickelten Pflanzen enthalten immer eine größere Menge Vegetations-Wasser.

2. Die Menge der Mineralsalze ist ebenso groß, als in den mageren Pflanzen, sehr oft aber größer.

3. Der Gehalt der Aschen von kräftigen Pflanzen an Kieselsäure ist meist viel geringer, als der von Aschen magerer Pflanzen.

4. In den Aschen der fetten Pflanzen ist die Summe der Alkalien, einschließlich des Chlors, größer als in den andern.

5. Ebenso in den meisten Fällen die Summe der alkalischen Erden.

6. Die Summe der alkalischen Basen ist daher in der Asche der fetten Pflanzen größer, als in der von mageren.

7. Zu erwähnen ist, daß die Aschen der mageren Pflanzen in 8 Fällen höheren Gehalt an Phosphorsäure nachweisen, dagegen fast immer beträchtlich niedrigen Gehalt an Schwefelsäure, den Aschen der fetten Pflanzen gegenüber; hieraus folgt nun:

8. Daß die kräftige Vegetation — auf gleichen Bodenarten — dem Boden mehr Mineralstoffe entzieht, als die minder kräftige.

Die weniger vollkommene Entwickelung der Pflanzen ist nach Ritthausen vielleicht zum Theil darin begründet, daß die Pflanzen in zu früher Lebens-Periode verhältnißmäßig zu große Mengen

Kieselsäure aufnehmen, oder daß die Basen sich zu dieser Zeit in nicht ausreichender Menge assimilirbar für sie darboten. Die Richtigkeit dieser Ansicht wird durch die in einem der nächsten Paragraphen folgende Darlegung der Bedeutung der Mineralstoffe für das Pflanzenleben um so einleuchtender erscheinen, weshalb ich hier nicht näher darauf eingehe.

§. 133.

IV. Welchen Einfluß übt die physikalische und chemische Beschaffenheit des Bodens auf die Zusammensetzung der Pflanzen aus.

Die auf p. 318 u. f. aufgeführte Tabelle über die Aschenbestandtheile unserer vornehmsten Culturpflanzen enthält von sehr vielen derselben eine ziemlich bedeutende Anzahl von Analysen, welche theilweise in den wesentlichsten Bestandtheilen ganz bedeutend variiren. Da nun diese, theils von denselben, theils von verschiedenen Chemikern ausgeführten Analysen uns die Zusammensetzung derselben Pflanzen vorführen, so folgt daraus, daß die physikalische und chemische Beschaffenheit des Bodens, die klimatischen Verhältnisse und auch die Art auf die Zusammensetzung der Pflanzen und ihrer Theile nicht unwesentlich influiren. Daß die klimatischen Verhältnisse auf die ganze Entwickelung der Pflanze einen bedeutenden Einfluß ausüben, ist bekannt; es ist daher aus diesen verschiedenen Analysen der Einfluß, der auf Rechnung des Bodens zu setzen ist, nicht mit Sicherheit zu bestimmen, noch viel weniger aber, in welchem Grade die physikalischen und in welchem Grade die chemischen Eigenschaften des Bodens hierbei in Betracht kommen. Ebenso wenig wie diese Analysen genügen aber auch die leider nur wenigen Untersuchungen, welche direkt zur Entscheidung dieser Frage angestellt sind, zur endgiltigen Beantwortung derselben.

So zeigen die Untersuchungen von Way und Ogston mit Hafer, auf Thon- und Sandboden gewachsen, im Kaligehalte bei den Samen im Thon-, gegenüber dem Sandboden, das eine Mal eine Zunahme, das andre Mal eine Abnahme; dasselbe gilt von der Phosphorsäure; während beim Natron auf Sandboden beide Male eine Vermehrung eingetreten, die aber bei der einen Sorte bedeutend größer, als bei der andern ist. Der Gehalt an Kalkerde ist auf beiden Böden bei beiden Arten ein ziemlich constanter; dasselbe gilt von der Magnesia bei der einen Art; bei der andern dagegen ist eine wesentliche Verringerung eingetreten. In Betreff der Kieselsäure haben wir das eine Mal eine Abnahme, das andre Mal eine Zunahme. Noch mehr differirt die Zusammensetzung des Strohes.

Die Untersuchungen derselben Chemiker über die Zusammensetzung der Roggen-Samen von schlammgedüngtem Boden und Sandboden zeigen wesentliche Differenzen im Gehalt an den einzelnen Bestandtheilen, so differirt z. B.

der Gehalt der auf schlammgedüngtem Boden gegenüber der auf Sandboden gezogenen Pflanzen an Kali um 7,1, der an Phosphorsäure um 8,5, der an Magnesia um 2,9, der an Kalkerde um 4,1 und der an Kieselsäure um 11%.

Dagegen zeigen die Analysen von rothem und weißem Klee auf Quarz- und Thonboden nicht bedeutende Schwankungen im Gehalt an den einzelnen Bestandtheilen.

Anderseits bieten wieder die Versuche mit Erbsen auf Thon- und Quarzboden nicht unwesentliche Differenzen dar, welche bei den Samen vor Allem den Gehalt an Kalkerde und Phosphorsäure, beim Stroh dagegen den an Kali, Schwefelsäure und Kieselsäure betreffen.

Bedeutende Schwankungen in Betreff des Kalks und der Phosphorsäure, sowie geringere des Kalis zeigen ferner die auf Thon- und Quarzsandboden gewachsenen Bohnensamen, welche beim Stroh bei fast allen Bestandtheilen in noch höheren Grade auftreten.

C. Röthe untersuchte Ajuga reptans auf Kalk- und Thonboden gewachsen und fand hier in Betreff der Alkalien, vor allem aber der alkalischen Erden und der Kieselsäure nicht unbedeutende Verschiedenheiten.

Die Zusammensetzung der Asche war nämlich nach Abzug der Kohlensäure, der Kohle und des Sandes in 100 Theilen, wie folgt:

	Ajuga reptans auf Kalkboden:	auf Thonboden gewachsen:
Kali	37,312	36,388
Chlorkalium	5,043	—
Natron	—	4,807
Chlornatrium	2,661	2,781
Kalkerde	23,734	15,699
Magnesia	10,702	5,433
Eisenoxyd	2,702	1,695
Manganoxyduloxyd	Spur	2,289
Phosphorsäure	5,460	5,512
Schwefelsäure	3,629	3,678
Kieselsäure	8,606	21,713
	99,938	99,995
Aschenprocente der bei 100° C. getrockneten Substanz	10,375	9,456
Kohlensäure	11,513	11,166

Die Untersuchung von Knop und Ritter über die Entwickelung von Bohnenpflanzen in künstlich präparirtem Thon-, Kalk-, Gyps- und Sandboden zeigt in Betreff der Zusammensetzung der Asche der Samen nur geringe Differenzen, welche dagegen aber im Stroh bedeutender sind.

Von Malagutti und Dutrocher liegen Untersuchungen über den Kalkgehalt mehrerer verschiedenen Familien angehöriger Pflanzen vor, welche auf Kalkboden und auf nichtkalkhaltigem Boden gewachsen sind, und welche in Betreff dieses einen Bestandtheils einen wesentlichen Einfluß des Bodens auf die Zusammensetzung der Asche darthun.

Beide Analytiker fanden den Kalkgehalt derselben Pflanzen auf den beiden Bodenarten, wie folgt:

		Kalkboden:	Nichtkalkhaltiger Boden:
Cruciferen:	Brassica oleracea . . .	27,98	13,62
	„ Napus . . .	43,60	19,48
Leguminosen:	Trifolium pratense. .	43,32	29,72
	„ incarnatum.	36,18	26,68
Dipsaceen:	Scabiosa arvensis . . .	28,60	17,16
Liliaceen:	Allium porrum	22,61	11,41
Gramineen:	Dactylis glomerata . .	6,24	4,62
Amentaceen:	Quercus pedunculata. .	70,14	54,00

Betrachten wir schließlich noch die Untersuchung von Wunder über die Zusammensetzung der Turnipspflanze in Sand- und Lehmboden, welche durch mehrere Jahre fortgesetzt ist, so sehen wir hier einen deutlichen Einfluß der Beschaffenheit des Bodens auf die Zusammensetzung der Asche. Die Wurzeln enthielten nämlich in 100 Theilen Mineralsubstanz:

	im Sand gewachsen			in Lehmboden gewachsen	
	1tes Jahr	2tes Jahr	3tes Jahr	1tes Jahr	2tes Jahr
Eisenoxyd	0,69	—	0,98	1,72	0,91
Kalk	5,47	—	10,77	9,28	9,61
Magnesia	3,97	—	6,41	3,82	4,12
Kali	58,29	52,16	43,36	43,12	44,83
Natron	11,68	15,60	10,76	10,60	7,50
Phosphorsäure . . .	8,47	—	10,57	16,92	16,38
Schwefelsäure . . .	8,47	—	12,55	11,14	12,53
Chlor	3,01	—	3,72	2,66	2,30
Kieselsäure	0,61	—	1,72	1,31	2,38

Fassen wir die Resultate aller dieser Versuche zusammen, so läßt sich aus denselben, glaube ich, mit Sicherheit nur der Schluß ziehen, daß die Beschaffenheit des Bodens bis zu einer gewissen Grenze einen Einfluß auf die Zusammensetzung der Asche ausübt. Welcher Antheil hierbei aber auf die physikalischen und welcher auf die chemischen Eigenschaften des Bodens kommt, läßt sich bis jetzt noch nicht bestimmen. Die in den jetzt folgenden Paragraphen besprochenen Fragen stehen zum Theil mit der so eben abgehandelten in Zusammenhang und werden daher ebenfalls mit zur Beantwortung derselben beitragen.

§. 134.

V. Welchen Einfluß hat die Düngung auf die Zusammensetzung der Asche der Culturpflanzen?

Für die Beantwortung dieser Frage liegen eine Reihe von ausführlichen Arbeiten vor. Der größte Theil dieser Untersuchungen ist zur Erklärung der Wirkung des Gypses auf Klee angestellt worden; da diese Untersuchungen im 2ten Bande bei der Besprechung der Gypsdüngung ihre Stelle finden, so werde ich sie hier nicht weiter anführen und zwar um so mehr, weil ich glaube, daß sie für die angeregte Frage entweder höchst wenig oder gar nichts Entscheidendes bieten können, denn die Wirkung des Gypses ist ja vorherrschend eine indirecte.

Düngungsversuche mit andern Pflanzen, bei denen zugleich eine ausführliche Analyse der Erndten vorgenommen ist, sind nicht viele ausgeführt worden. Die überaus reichlichen, ja man kann gewiß sagen, leider viel zu reichlichen Düngungsversuche ohne begleitende ausführliche Untersuchungen sind natürlich hier ohne Werth.

Die hier in Betracht kommenden Arbeiten sind: Daubeny: Verhältniß von Kali und Natron bei Gerste nach einer Düngung mit kohlensaurem Kali, kohlensaurem Natron und Kochsalz; die Untersuchungen von Zöller über Weizen, Gerste und Roggen, welche theils ungedüngt, theils unter dem Einfluß einer Düngung mit Kochsalz, Chilisalpeter, Phosphaten und Ammoniaksalzen gewachsen waren; ferner die von Siegert: chemische Beschaffenheit von Weizen und Roggen nach einer Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak, salpetersaurem Kalk, saurem phosphorsauren Kalk, saurem phosphorsaurem Kalk und schwefelsaurem Ammoniak, saurem phosphorsauren Kalk und salpetersaurem Kalk; Schlösing: Taback unter dem Einfluß von Kali-, Kalk- und Magnesiasalzen; Bretschneider und Metzdorf: Kartoffel, nach einer Düngung mit verschiedenen Mengen von Knochenmehl, Pottasche und Pudrette; Ritthausen: Oberndorfer Runkelrübe, ungedüngt und gedüngt mit Natronsalpeter und mit Stallmist; Zuckerrübe, ungedüngt und gedüngt mit Rapsmehl, Knochenmehl, Pottasche, Holzasche und mit schwefelsaurem Ammoniak; Bretschneider u. Küllenberg: Zuckerrübe, ungedüngt und gedüngt mit verschiedenen Mengen von Knochenmehl, Superphosphat, Chilisalpeter, schwefelsaurem Ammoniak, Holzasche, Knochenkohlen und Aetzkalk; Pincus und Falke: Futterrübe und Zuckerrübe ungedüngt und mit Knochenmehl, Superphosphat und Guano gedüngt.

Die Resultate dieser Versuche liefern leider für den Einfluß, welchen eine Düngung auf die Zusammensetzung der Asche ausübt, nichts Entscheidendes, weshalb ich hier unterlasse näher auf dieselben einzugehen, und um so mehr, da der nächste Paragraph Gelegenheit

geben wird, einige von den Ergebnissen der genannten Versuche zu besprechen.

VI. Bedeutung der Mineralstoffe für das Pflanzenleben.

1. Die Basen.

§. 135.

a. Die Funktion derselben.

Ueber die Funktion der Basen beim Leben der Pflanzen wissen wir bis jetzt noch wenig. v. Liebig äußert sich über die Funktion der Basen in seiner Agriculturchemie 7. Aufl. p. 92 wie folgt: „Die meisten, man kann sagen, alle Pflanzen enthalten organische Säuren von der mannigfaltigsten Zusammensetzung und Eigenschaften; alle diese Säuren sind an Basen gebunden, an Kali, Natron, Kalk oder Bittererde, nur wenige Pflanzen enthalten freie organische Säuren; diese Basen sind es offenbar, welche durch ihr Vorhandensein die Entstehung dieser Säuren vermitteln; mit dem Verschwinden der Säure bei dem Reifen der Früchte, der Weintraube z. B. nimmt der Kaligehalt ab.“ Die organischen Säuren sind ferner nach v. Liebig Uebergangsglieder der Kohlensäure in organische Verbindungen, (Oxalsäure, Weinsäure, Zucker, Stärkemehl), deshalb ist das Vorhandensein der alkalischen Basen und ihre Mitwirkung nothwendig für die Entstehung der Säuren und deren Uebergehen in Stärkemehl, Holzfaser u. s. w. Hieraus folgt, daß die Pflanzen im Boden bestimmte Basen in angemessener Menge vorfinden müssen, wenn sie sich in demselben entwickeln sollen.

Gegen diese Erklärung v. Liebig's, welche von ihm schon in den früheren Auflagen seiner Agriculturchemie ausgesprochen ist, macht v. Mohl die Einwendung, daß in mehreren Pflanzen mit fleischigen Blättern zur Nachtzeit Säuren gebildet werden, daß also somit Säuren aus nicht sauren Verbindungen durch Oxydation entstehen. Dieser Einwurf macht indeß die Liebig'sche Theorie durchaus nicht unhaltbar, denn, daß Säuren in den Pflanzen auf die verschiedenste Weise gebildet werden, ist wohl mit Sicherheit anzunehmen. Die Theorie Liebig's sucht v. Mohl ferner noch dadurch zu widerlegen, daß in dem Falle die einzelnen Basen gleichen Werth für das Pflanzenleben haben müßten, trotzdem wir die Basen in den einzelnen Pflanzen und deren Theile in verschiedenen Mengenverhältnissen vorfinden. Diese Behauptung ist

aber schon aus dem chemischen Verhalten der einzelnen Säuren gegen die Basen leicht widerlegbar, da die Löslichkeitsverhältnisse und andere Eigenschaften der Verbindungen der einzelnen Säuren mit den Basen so sehr verschieden sind, daß aus diesem Grunde von einer Gleichwerthigkeit der einzelnen Basen entschieden nicht gesprochen werden kann. Es brauchen hier z. B. nur die Verbindungen der Oxalsäure mit Kali, Natron und Kalkerde genannt zu werden, um die große Verschiedenheit der Verbindungen der einzelnen Säuren mit den Basen darzuthun.

Von Schleiden, Schacht und Anderen ist ferner behauptet worden, daß die Säuren nicht Anfangs-Produkte der Stofferzeugung, sondern die Endprodukte derselben seien, welche eine weitere Verwendung nicht mehr fähig sind, was dadurch bewiesen sein soll, daß manche Säuren in Form unlöslicher Salze abgeschieden und in den Pflanzen abgelagert sind. Da aber, wie schon vorher angeführt, Säuren auf verschiedene Weise in den Pflanzen entstehen können, so entkräftigt diese Angabe die Liebig'sche Theorie von der Bedeutung der Basen für die Pflanzen ebenfalls nicht.

In Betreff der Verwandlung der Pflanzensäuren, also der sauerstoffreichen Körper, in sauerstoffarme, stickstofffreie Verbindungen, verdanken wir Heyne und Link, Beobachtungen, welche dies auf das schlagendste darthun; die Blätter von Colyledon calycina, Cacalia ficoides, Portulacaria afra und Sempervivum arboreum sind des Morgens sauer, des Mittags geschmacklos und des Abends bitter. Mulder greift die Liebig'sche Theorie ebenfalls an, indem er behauptet, daß die Bildung der organischen Säuren nicht die Ursache des Eintritts einer größeren Menge von Kali u. s. w. sei, sondern die Folge. Als Beweis hierfür führt Mulder an, daß in den Citronen Citronensäure erzeugt wird, ohne daß sie sich mit einem Alkali sättigen; da nun dies bei einer Säure stattfindet, so kann dies auch ebenso gut bei den andern der Fall sein. Dieser Beweis ist aber sicher nicht schlagend für die Mulder'sche Ansicht, da sich, wie vorher erwähnt, die Säuren auf verschiedene Weise bilden können, und somit hierdurch die Ansicht, daß durch die Mitwirkung der Basen in den Pflanzen Säuren entstehen, welche durch Desoxydation weiter zur Bildung von Stärke, Zucker und Holzfaser dienen, nicht widerlegt wird.

§. 136.

b. Vertretbarkeit der Basen untereinander.

Ob in den Pflanzen einzelne Basen durch andere vertreten werden können, oder nicht, z. B. Kali durch Natron, Kalkerde durch Magnesia u. s. w., ist theils behauptet, theils bestritten worden.

Nach v. Liebig ist eine Vertretung der einzelnen Basen möglich, er sagt: „Es wird kaum nöthig sein, daran zu erinnern, daß sich die alkalischen Basen in ihrer Wirkungsweise vertreten können. Dieser Schluß bezieht sich, wie sich von selbst versteht, nur auf diejenigen alkalischen Basen, welche als pflanzensaure Salze Bestandtheile der Pflanzen sind. Wenn der Schluß wahr ist, so muß die fehlende Basis ersetzt und vertreten sein durch eine andere von gleichem Wirkungswerthe, sie muß ersetzt sich vorfinden durch ein Aequivalent von einer der andern Basen."

v. Liebig beweist dies durch Analysen von Berthier über die Zusammensetzung von zwei verschiedenen Fichten- und Tannenaschen, welche im Gehalt an Kali, Natron, Kalk und Bittererde sehr verschieden —, bei denen aber die Sauerstoffmengen der Basen gleich oder wenigstens nahezu gleich sind. Ferner durch das Vorkommen von organischen Basen in Form von pflanzensauren Salzen u. s. w.

Werfen wir einen Blick auf die Tabelle p. 318 u. f., so müssen wir entschiedeu zu der Ansicht gelangen, daß eine Vertretung der Basen bis zu einer gewissen Grenze möglich ist. Da auf der Tabelle, Material für Vergleichung der Zusammensetzung der auf verschiedenem Boden gewachsenen Pflanzen genügend vorliegt, so werde ich hier nur noch wenige Beispiele anführen.

Ritthausen fand in der Asche von zwei Rüben, von denen die eine nach einer Düngung mit Natronsalpeter, die andere nach Stallmist gewachsen war, in der Asche der ersteren 41,3 % Kali und 27,7 % Natron, in der andern 52,2 Kali.

Die Analysen von Raps-Samen nnd Stroh, welche auf Veranlassung des preuß. Landes-Oeconomie-Collegiums mit auf verschiedenem Boden und in verschiedenen Gegenden gewachsenen Pflanzen von verschiedenen Chemikern ausgeführt wurden, zeigen z. B. bei dem Samen und dem Stroh eine Schwankung der Asche im Gehalt an den Basen bei drei Chemikern, wie folgt:

	Samen.			Stroh.		
	Hagen.	Sonnenschein.	Weber.	Hagen.	Sonnenschein.	Weber.
Kali . . .	1,85	13,65	29,49	16,34	35,79	33,04
Natron . .	—	—	1,77	8,69	Spuren	2,84
Kalkerde .	26,46	27,82	11,37	43,62	30,61	31,00
Magnesia .	21,46	8,22	13,05	8,97	5,13	9,27

Diese wenigen Beispiele mögen genügen, um den obigen Ausspruch, daß sich die Basen bis zu einer gewissen Grenze vertreten können, zu begründen.

Was die weitere Ansicht v. Liebig's, daß eine Vertretung der an Pflanzensäuren gebundenen Basen nach ihren Aequivalenten stattfinde, daß also die Sauerstoffmenge derselben bei gleichen Pflanzen dieselbe sei, so wird dieselbe zwar durch manche Analysen, welche uns vorliegen, aber nicht durch alle bestätigt. Es ist bei den einzelnen Fällen oft auch sehr schwer zu bestimmen, welche Basen und wie viel von denselben als pflanzensaure Salze vorkommen.

Die früher besprochenen Versuche von Salm-Horstmar und Anderen, welche die Nothwendigkeit der einzelnen Basen für das Pflanzenwachsthum darthun und zeigen, daß beim Fehlen einer derselben die Pflanze ihre vollständige Entwickelung nicht erreichen kann, sowie die von Ville, bei denen entschieden werden sollte, ob Kali durch Natron vertretbar sei, und bei denen sich das Resultat ergab, daß ohne Kali die Entwickelung der Pflanzen (Weizen) in Vergleich zu denen, welche Kali als Düngung erhalten hatten, eine kümmerliche war, thun nun dar, daß eine vollständige Vertretung der einen Basis durch die andere nicht möglich ist, nicht aber, daß dasselbe von einer theilweisen gilt.

§. 137.

c. Die Verbindungen, in denen die Basen in den Pflanzen vorkommen.

α. Kali.

Das Kali finden wir in den Pflanzen als pflanzensaures Salz, welches in den Aschen sich als kohlensaures zeigt, ferner als schwefelsaures, phosphorsaures Kali und Chlorkalium.

β. Natron.

Das Natron ist in den Pflanzen vorherrschend als Chlornatrium, dann aber auch noch als pflanzensaures Salz vorhanden; ob es auch in Verbindung mit den andern Mineralsäuren vorkommen kann, ist mit Sicherheit noch nicht festzustellen.

γ. Kalkerde.

Diese Basis finden wir in den Pflanzen als pflanzensaures, phosphorsaures und schwefelsaures Salz.

δ. Magnesia.

Die Magnesia ist wahrscheinlich in den Pflanzen vorherrschend nur als phosphorsaures Salz vorhanden.

ε. Eisenoxyd.

Nach Weiß und Weisner's mikrochemischen Untersuchungen ist das Eisen nur in zwei Formen in den Pflanzen nachweisbar, nämlich: als in Wasser unlösliche Oxyd- oder Oxydul-Verbindung; in dieser Form ist es sowohl in der Membran- als in der Zellensubstanz erkennbar.

Diese Beobachtungen werden durch die Analysen bestätigt, bei welchen wässerige Auszüge aus Pflanzen gemacht sind z. B. bei denen von Ritthausen.

Diese Art des Vorkommens der Basen in den Pflanzen zeigt uns somit, daß die Rolle, welche v. Liebig den Basen in Betreff der Säurebildung zuweist, vor allem dem Kali und der Kalkerde zukommen wird.

§. 138.

2. Die Säuren.

α. Phosphorsäure.

Wie die Analysen der verschiedenen Pflanzen und ihrer Theile, welche wir mehrfach kennen gelernt haben, darthun, ist die Menge der Phosphorsäure in den einzelnen Theilen der Pflanze eine sehr verschiedene: in größerer Menge finden wir sie stets in den Organen, welche wir als den Ausgangspunkt intensiver Ernährungs- oder Wachsthumsverhältnisse anzusehen haben. So finden wir sie

in größter Menge in den Samen, den Wurzeln, Knollen und jungen noch in voller Entwickelung stehenden Pflanzentheilen.

Die größte Menge von Phosphorsäure ist hier überall auch von einer größeren Menge von Eiweißkörpern begleitet, so daß wir sagen können, wir finden in den Theilen der Pflanzen die größte Menge von Phosphorsäure, welche die größte Menge von Eiweißkörpern enthalten und umgekehrt. Aus diesem Grunde hat man untersucht, ob zwischen dem Stickstoff- und Phosphorsäuregehalte eines Pflanzentheils ein inniger Zusammenhang besteht. Derartige Versuche sind von verschiedenen Seiten angestellt worden; so hat W. Mayer eine bedeutende Anzahl von Stickstoff- und Phosphorsäure-Bestimmungen bei einer Anzahl von Pflanzen gemacht, aus denen er schließt, daß zwischen den Eiweißkörpern und Phosphor bestimmte Verhältnisse bestehen, welche für die einzelnen Eiweißkörper verschiedene sind.

Mayer fand, daß auf ein Theil Phosphorsäure:

beim	Roggen	2,0—2,4	Mittel	2,2	Theile	Stickstoff	kommen
„	Weizen	1,8—2,2	„	2,0	„	„	„
„	Gerste	1,8—2,1	„	1,9	„	„	„
„	Hafer	1,8—2,2	„	2,0	„	„	„
„	Emmer	2,0—2,1	„	2,05	„	„	„
„	Spelz	2,1—2,3	„	2,2	„	„	„
„	Erbsen	3,3—4,1	„	3,7	„	„	„
„	Bohnen	3,1—3,7	„	3,4	„	„	„

Arendt schließ aus seinen Untersuchungen über das Wachsthum von Hafer in den verschiedenen Entwickelungs-Perioden, welche wir p. 345 u. f. besprochen haben, „daß die Aufnahme der Phosphorsäure mit der Stickstoff-Assimilation in soweit in keinem Zusammenhange steht, als jene ohne diese erfolgen kann, doch stellt sich schließlich zwischen beiden ein constantes Verhältniß heraus.“

Arendt erhielt bei den einzelnen Perioden:

	I.	II.	III. und IV.	V.
Stickstoff	15,1	10,0	24,9	5,4
Phosphorsäure . .	3,3	2,7	6,9	1,3
Verhältniß beider	1 : 4,6	1 : 3,7	1 : 3,6	1 : 4,0

Ich führe ferner noch die Resultate der Versuche von Siegert an, welche mit Winterweizen, Winterroggen und Sommerweizen operirte und aus denen er folgerte: „Phosphorsäure und Stickstoff stehen in keinem constanten Verhältnisse zu einander, die procentischen Mengen beider lassen sich variiren; Stickstoffdüngung

vermehrt den Procentgehalt an Stickstoff und vermindert den an Phosphorsäure."

Wir finden in den hier citirten Arbeiten verschiedene Folgerungen über den Zusammenhang zwischen Stickstoff und Phosphorsäure; da die Frage, über den Zusammenhang zwischen den Proteinkörpern und der Phosphorsäure augenblicklich noch nicht definitiv zu entscheiden ist, so unterlasse ich hier weitere Untersuchungen anzuführen. Bevor wir die Proteinkörper selbst näher, als es bis jetzt der Fall ist, kennen gelernt haben, bevor wir nicht zugleich Untersuchungen vor uns haben, in denen der Stickstoff, welcher in andrer Form, als in der der Proteinkörper z. B. in Form an Ammoniak und Salpetersäure in den Pflanzen vorkommt, bestimmt ist, kurz, so lange wir die Eiweißkörper der Pflanzen nur durch die Stickstoffanalyse zu bestimmen im Stande sind, wird sich auch diese Frage nicht definitiv entscheiden lassen.

Was die Verbindung anbetrifft, in welcher die Phosphorsäure in den Pflanzen vorkommt, so ist sie nach Mayer in den Samen der Cerealien als 2basisches und in den der Leguminosen als 3basisches Salz enthalten.

β. Die Schwefelsäure.

Der Schwefel kommt in den Pflanzen in organischer Verbindung vor (er dient vor allem zur Bildung der so wichtigen Proteinkörper (p. 5 u. 7.), sowie als schwefelsaures Salz. Bei der Einäscherung geht ein Theil des Schwefels verloren, so daß die meisten vorliegenden Aschen-Analysen keinen sicheren Maaßstab für den Gehalt der Pflanzen an diesen Körpern darbieten.

γ. Kieselsäure.

Wie uns die auf p. 318 u. f. Tabellen zeigen, schwankt der Gehalt der einzelnen Pflanzen und ihrer Theile an Kieselsäure ganz außerordentlich; die Asche enthält von Spuren bis zu 70 und mehr Procente von derselben. Hieraus folgt, daß die Kieselsäure nicht für alle Pflanzen dieselbe Bedeutung haben kann, sondern daß wir sie nur für die Pflanzen als einen unentbehrlichen Bestandtheil betrachten können, in den sie stets in größerer Menge gefunden wird. Es sind dies vor allem die Gramineen, in deren Stroh sie den Hauptbestandtheil ausmacht. Ich verweise hier ferner auf p. 200.

Was die Bedeutung der Kieselsäure für die Pflanzen und speciell für die Gramineen anbetrifft, so drückt diese Ritthausen in

folgenden Worten aus: „Die Kieselerde setzt sich an die Zellenwand als gallertartige oder flockige Substanz ab und muß in je größerer Menge sie sich absetzt, zufolge ihrer eigenthümlichen Beschaffenheit die Diffusion der Säfte mehr und mehr erschweren, schließlich wohl gänzlich hindern und darnach das Absterben der Blätter herbeiführen. Die allmählige Ertödtung der älteren Blätter aber befördert die Entwickelung der neugebildeten Pflanzentheile, wenn es zur rechten Zeit stattfindet, da die Säfte sich nach diesem allein zu den jüngern Theilen hin bewegen; sterben indeß die Blätter zu frühzeitig ab, so wird die Ausbildung der Pflanze der Art gestört, daß sie klein und kümmerlich erscheint, die Bildung der Aehre, die Blüthe, die Entwickelung der Frucht beschleunigt, der Vegetationsproceß sonach beträchtlich abgekürzt wird. Zu reichliche Ablagerung von Kieselerde in den ersten Vegetationsstadien kann ein zu frühes Absterben der Blätter zur Folge haben, die, ihren Funktionen zu früh entzogen, für die Fortentwickelung der Pflanze ohne Bedeutung sind; sehr wahrscheinlich hat die Kieselerde in Substanz keinen oder nur geringen Antheil an der Entstehung und Bildung pflanzlicher, organischer Stoffe."

Dieser Erklärung schließe ich mich vollständig an.

Die Kieselsäure ist in den Pflanzen in der Weise abgelagert, daß sie sich eng an die organischen Struktur-Verhältnisse der obersten Epidermisschicht, der Cuticula nebst den Haaren, Zähnen und andern Cuticulargebilden anschließt. (Schulze.)

Die Form der Ablagerung können wir bei vorsichtiger Einäscherung sehr schön erkennen; es muß hierbei natürlich eine Verbindung der Kieselsäure mit den vorhandenen Basen verhindert werden.

δ. Das Chlor.

Das Chlor kommt in den Pflanzen vor allem als Chlornatrium vor, jedoch häufig auch als Chlorkalium. In Betreff der Bedeutung und Nothwendigkeit desselben, verweise ich auf p. 200 u. 201.

Zweiter Abschnitt.

Die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen und ihr Vorkommen in der Natur.

Kapitel I.

Die Aschenbestandtheile der Pflanzen und die Mineralien, in welchen sie vorkommen.

I. Das Kali.

Das Kali ist ein von denjenigen Aschenbestandtheilen der Pflanzen, welche auch in der anorganischen Natur allgemein verbreitet sind; wir finden dasselbe in einer großen Anzahl von Mineralien, die zu den häufiger vorkommenden Gesteinen unserer Erde gehören. Die Mineralien, in denen das Kali ein Bestandtheil ist, sind:

1. Kieselsaure Verbindungen.
   A. Wasserfreie Silikate.
   B. Wasserhaltige Silikate.
2. Kieselsäurefreie Verbindungen.

1. Kieselsaure Verbindungen.

§. 139.

A. Wasserfreie Silikate.

Es sind dies Verbindungen von kieselsaurer Thonerde mit kieselsauren Alkalien, alkalischen Erden und schweren Metalloxyden.

Die wichtigsten hier zu nennenden sind:

a) Orthoklas, oder Kali-Feldspath; letzterer Name rührt davon her, daß die früheren Analysen nur Kali in demselben nachwiesen; wir finden jedoch keinen Feldspath der als alkalische Basis allein Kali enthält, sondern neben dem Kali kommen immer

größere oder geringere Mengen von Natron resp. Kalkerde vor; erwähnt muß hierbei allerdings noch werden, daß ein Theil des Natrongehalts öfters auf Rechnung des Albits (einer andern Art Feldspath) zu setzen ist, da mitunter regelmäßige Verwachsungen von Orthoklas und Albit vorkommen. Der Orthoklas besteht aus kieselsaurer Thonerde und kieselsaurem Kali, wobei ein Theil des Kalis durch Natron, Kalkerde und Magnesia und ein Theil der Thonerde durch Eisenoxyd und auch Manganoxyd vertreten sein kann.

Der Orthoklas ist vielfach untersucht worden; die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung einiger der vorhandenen Analysen, um dadurch ein Bild von der Zusammensetzung dieses so wichtigen Minerals zu geben.

	Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxyd	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxydul	Mangan-oxydul	Wasser	Name der Analytiker.
I.	64,48	19,12	0,51	12,12	3,24	0,45	—	—	—	—	G. Haughton.
II.	65,45	18,26	0,57	15,21	0,65	—	—	—	—	—	Whitney.
III.	64,26	19,27	0,50	10,58	2,88	0,70	0,77	—	—	0,40	Hubert.
IV.	61,57	18,98	Spur	12,69	1,59	0,58	0,30	—	—	—	Derselbe.
V.	63,66	17,27	—	10,66	5,14	0,39	2,28	0,45	0,15	—	Kerndt.
VI.	66,48	19,06	Spur	10,52	2,30	0,63	Spur	—	—	—	Delesse.
VII.	63,92	20,05 (Thonerde und Eisenoxyd)		10,41	3,10	0,75	0,60	—	0,03	0,41	Derselbe.
VIII.	65,75	17,72	—	12,05	3,66	0,82	—	—	—	—	Moll.
IX.	66,26	16,98	0,31	14,42	0,20	0,43	0,11	—	—	1,29	Rammelsberg.
X.	66,40	18,50	0,20	10,28	0,50	1,90	1,60	—	—	—	Diday.
XI.	65,30	20,90	Spur	14,35	0,79	0,05	Spur	—	—	0,20	A. Genth.
XII.	64,91	19,16	Spur	11,07	2,49	0,78	—	—	—	0,30	Delesse.
XIII.	64,66	19,58	Spur	15,18	—	0,70	—	—	—	0,58	Derselbe.
XIV.	64,00	20,55 (Thonerde und Eisenoxyd)		13,49	-	0,68	—	—	—	1,28	Derselbe.
XV.	66,08	18,70	—	9,11	3,77	0,93	0,45	—	—	—	Derselbe.
XVI.	69,16	19,16	—	14,97 (Kali und Natron)		0,56	0,45	—	—	0,60	Derselbe.

I. ein hell-fleischfarbener oder milchigweißer Feldspath aus dem Granit der Umgegend von Canton in China.

II. ein in kleinen Prismen zusammen mit verschiedenen Zeolithen in den Kupfergruben am Oberen-See in Nordamerika vorkommender fleischrother Feldspath.

III. ein fahlgelber Orthoklas aus dem Syenit des Ballon de Servance, derb.

IV. ein weißer Feldspath, eingewachsen in der sogenannten Arkose der Vogesen.

V. ein lauchgrüner, derber, selten krystallinischer Feldspath von Bodenmais, welcher mit Magnetkies, Quarz u. s. w. vorkommt.

VI. ein graulichweißer, krystallinischer Orthoklas aus dem Chamouny-Thale.

VII. ein fleischfarbiger Orthoklas aus dem Pegmatit in den Vogesen.

VIII. ein bläulichweißer Orthoklas aus der Freiberger Mulde.

IX. ein etwas verwitterter Orthoklas aus Auersberg (Harz.)

X. ein Orthoklas aus rothem, Quarz führendem, Porphyr von Estérel, Département du Var.

XI. ein weißer krystallinischer Orthoklas aus Nord-Carolina.

XII. XIII. und XIV. Orthoklase aus dem Granite des Ballon d'Alsaze.

XV. u. XVI. schließlich Orthoklase aus dem Granite von Vosges.

Diese Analysen thuen dar, daß der Kaligehalt des Orthoklas zwischen 9,11 und 15,21 % variirt. Die Zusammensetzung desselben wird demnach durch die Formel: $RO\,SiO_3 + R_2\,O_3\,SiO_3$ [1]) ausgedrückt und somit ist das Sauerstoffverhältniß von $RO : R_2O_3 : SiO_3 = 1 : 3 : 9$. Die Farbe des Orthoklas ist eine verschiedene, wie schon die obige Beschreibung darthut, er kommt weiß, röthlichweiß bis fleisch- und ziegelroth, gelblichweiß bis gelb, grünlichweiß bis spangrün und graulichweiß bis schwärzlichgrau vor.

Der Orthoklas gehört dem monoklinischen (zwei- und eingliedrigen) Krystallsysteme an, findet sich auch häufig in Zwillingskrystallen und wird sowohl in deutlich ausgebildeten Krystallen als auch derb, jedoch dann krystallinisch angetroffen, ist leicht spaltbar, hat ein spec. Gewicht von 2,53—2,58 und eine Härte von nahe zu 6 bis etwas über 6.

Der Orthoklas ist in Wasser, wässrigen Säuren und Alkalien unlöslich, wird jedoch bei längerer Einwirkung, vor allem unter

---

1) In dieser und den später anzuführenden Formeln bedeutet RO diejenigen Basen, bei welchem 1 Aeq. Radikal mit einem Aeq. Sauerstoff verbunden ist, somit die Basen: Kali (KO), Natron (NaO), Kalkerde (CaO), Magnesia (MgO), Eisenoxydul (FeO) und Manganoxydul MnO und R_2O_3 diejenigen bei dem auf 2 Aeq. Radikal 3 Aeq. Sauerstoff kommen, also Thonerde (Al_2O_3), Eisenoxyd (Fe_2O_3) und Manganoxyd (Mn_2O_3).

Anwendung erhöhter Temperatur sowohl von Säuren als auch schon von Wasser angegriffen.

Man unterscheidet beim Orthoklas noch den Adular, den gemeinen Feldspath, den feinkörnigen oder dichten Feldspath (Feldstein).

Der Orthoklas ist einer der Hauptbestandtheile der verbreitesten Gesteine der Erde; er bildet mit dem Quarz, dem Kali- oder dem Magnesia-Glimmer und geringen Mengen Oligoklas den Granit, mit größeren Mengen Oligoklas, mit Quarz und Magnesia-Glimmer den Granitit, mit Oligoklas, Hornblende, Magnesia-Glimmer und Quarz den Syenitgranit, mit Hornblende allein den Syenit; mit Oligoklas, Quarz und Magnesia-Glimmer eine Art von Porphyr u. s. w.

b) Glasiger Feldspath, Sanidin; derselbe gehört ebenfalls dem monoklinischen Systeme an, Härte 6 und spec. Gewicht 2,56—2,60; Farbe graulich bis gelblichweiß und grau.

Die folgenden Analysen zeigen seine Zusammensetzung, wozu ich noch bemerke, daß

I. in rein durchsichtigen Krystallen aus dem Trachyt-Conglomerat vom Langenberg (Siebengebirge) stammt.

II. eben daher.

III. aus dem Trachyt-Conglomerat am Lutterbach.

IV. aus dem Trachyt-Conglomerat von Scharfenberg.

V. als weiße durchsichtige Krystalle eingewachsen in einem eigenthümlichen Gesteine an der kleinen Rosenau (Siebengebirge).

VI. große reine Stücke aus dem vulkanischen Sande von Rockeskyll in der Eifel und

VII. Krystalle aus dem Lavastrom von St. Vico auf der Insel Ischia.

	Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxyd	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Name der Analytiker.
I.	68,18	18,33	0,71	7,15	4,66	0,51	0,46	Bischof.
II.	66,33	19,02	0,52	6,02	7,32	0,76	—	Schnabel.
III.	65,62	17,16	1,67	12,67	0,44	2,44	Spur	Lasch.
IV.	67,42	15,88	2,83	10,52	0,43	2,77	0,15	Derselbe.
V.	68,25	19,35	1,43	4,67	5,66	—	0,64	Bischof.
VI.	65,84	17,61	0,74	14,39	1,18	0,18	0,06	Bothe.
VII.	67,25	18,92	1,25	7,60	4,60	0,35	0,03	Bischof.

c. Die Glimmerarten.

Die Glimmerarten sind in ihrer Zusammensetzung außerordentlich schwankend. Rammelsberg hat dieselben nach ihren vorwalten-

den Bestandtheilen in Kaliglimmer, Magnesiaglimmer und Lithionglimmer eingetheilt.

α. Kaliglimmer.

Die unter dem Namen Kaliglimmer zusammengefaßten Glimmer sind ebenfalls in ihrer Zusammensetzung noch sehr verschieden. Rammelsberg hat versucht dieselben unter drei Formeln zu bringen, nämlich:

$$1)\ KO\,SiO_3 + 2\,(Al_2O_3\,SiO_3)$$
oder $$2)\ KO\,SiO_3 + 3\,(Al_2O_3\,SiO_3)$$
oder $$3)\ KO\,SiO_3 + 4\,(Al_2O_3\,SiO_3).$$

Obgleich Rammelsberg hier, schon um die Zusammensetzung des Kaliglimmers auszudrücken, 3 Formeln aufgestellt hat, so genügen auch diese nach Bischof nicht, um in denselben alle hierher gehörigen Glimmer unterzubringen, da die Bestandtheile zu schwankend sind; Rammelsberg hat hierbei zugleich noch angenommen, daß das Eisen als Oxyd vorhanden sei.

Der Kaliglimmer wird von den Bestandtheilen, welche beim Orthoklas angegeben werden, gebildet. Wie nun bei diesem eine Vertretung der Basen durch andere statt hat, so ist dies auch, jedoch in höherem Grade, beim Kaliglimmer der Fall; bei demselben ist nämlich ein Theil Thonerde stets durch Eisenoxyd, Manganoxyd und auch Chromoxyd, ein Theil Kali, durch Eisenoxydul, Kalkerde, Natron und Manganoxydul vertreten, ferner finden wir in demselben geringe Menge Fluor und etwas Wasser.

Die folgenden Analysen mögen die Verschiedenheit in der Zusammensetzung desselben zeigen; zu denselben bemerke ich noch, daß

I. von Zsidoracz (Ungarn) stammt, spec. Gewicht 2,817.

II. silberweiß, von unbekanntem Fundorte, sp. Gew. 2,831.

III. silberglänzend bis graulichweiß, aus dem Pegmatit von Ceux bei St. Etienne (Vogesen), sp. Gew. 2,804—2,817.

IV. dunkelgrün, chloritähnlich aus einem vom Eismeer stammenden Protogynblock, sp. Gew. 3,127.

V. schwarz; derselbe bildet mit grauem Quarz und einem Feldspath den Granit aus der Umgegend von Canton in China.

VI. schwarz, im Granit aus Donegal-County, Irland.

VII. schwarz, von dem zum Passe vom Bathygihen führenden Poison-Glen.

	Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxyd	Kali	Eisenoxydul	Manganoxydul	Natron	Kalkerde	Magnesia	Fluor	Wasser	Name der Analytiker.
I.	48,07	38,41	Spur	10,10	—	Spur	—	—	—	—	3,42	Rammelsberg.
II.	47,84	32,36	3,06	10,25	—	—	1,55	—	1,28	—	2,43	Derselbe.
III.	46,23	33,03	3,48	8,87	—	Spur	1,45	—	2,10	—	4,12	Derselbe.
IV.	41,22	13,92	21,31	6,05	5,03	1,09	1,40	—	4,70	1,65	0,90	Derselbe.
V.	35,50	20,80	19,70	9,00	7,74	1,70	0,10	0,56	4,46	—	0,25	Haughton.
VI.	35,55	17,08	23,70	9,45	3,55	1,95	0,35	0,61	3,07	—	4,30	Derselbe.
VII.	36,20	15,95	27,19	8,65	0,64	1,50	0,16	0,50	5,00	—	3,90	Derselbe.

Die Farbe des Glimmers ist eine verschiedene: er kommt weiß, gelblich, graulich, grünlich, röthlichweiß, gelbgrau, grün, braun und schwarz vor. Der Glimmer gehört wahrscheinlich zum schief-rhombischen, (zwei- und eingliedrigen) oder vielleicht zum drei- und einaxigen, hexagonalen Krystallsystem; vollkommene Krystalle sind nicht bekannt; er ist nach einer Richtung außerordentlich spaltbar, hat auf den Spaltflächen einen ausgezeichneten, metallähnlichen Perlmutter- oder Glasglanz; die Blättchen sind elastisch und mehr oder weniger durchsichtig; sp. Gew. 2,8—3,1, Härte 2—3. Der Glimmer ist in Wasser, wässrigen Säuren und Alkalien unlöslich und verwittert bei weitem langsamer als der Orthoklas, weshalb wir ihn als gewöhnlichen Begleiter des Sandes und Thones in den Ackererden antreffen.

Der Glimmer ist ein wesentlicher Bestandtheil der gewöhnlichen Urgebirgsgesteine, z. B. des Granits, Gneises, Glimmerschiefers u. s. w.

β. Magnesiaglimmer.

Die Zusammensetzung des Magnesiaglimmers ist ebenfalls eine sehr schwankende. Rammelsberg legt den einzelnen hierher gehörigen Glimmern 4 Formeln zu Grunde und zwar:

$$3\,RO\,SiO_3 + R_2O_3\,SiO_3$$
$$3\,(3\,RO\,SiO_3) + 2\,(R_2O_3\,SiO_3)$$
$$2\,RO\,SiO_3 + R_2O_3\,SiO_3$$
$$3\,(2\,RO\,SiO_3) + 2\,(R_2O_3\,SiO_3)$$

In Betreff dieser Formel gilt dasselbe was beim Kaliglimmer bemerkt worden ist.

Die Thonerde ist hier zum Theil durch Eisenoxyd und Manganoxyd, die Magnesia durch Kali, Eisenoxydul, Manganoxydul, Natron und Kalkerde vertreten; ferner finden wir häufig etwas Fluor, auch Chlor und Wasser.

Die Verschiedenheiten in der Zusammensetzung mögen die folgenden Analysen darthun:

	Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxyd	Magnesia	Kali	Natron	Eisenoxydul	Mangan-oxydul	Kalkerde	Fluor	Wasser	Name der Analytiker.
I.	37,54	19,80	—	30,32	7,17	1,00	1,61	0,10	0,70	0,22	1,51	Delesse.
II.	42,89	6,09	10,59	24,33	13,15	0,36	—	—	0,76	—	2,30	Bromeis.
III.	44,63	16,48	11,32	19,06	9,75		—	—	—	—	—	Derselbe.
IV.	43,02	16,85	11,63	18,40	8,60	1,15	—	—	0,71	—	—	Derselbe.
V.	40,14	17,35	—	28,09	10,56	0,63	—	—	—	0,95	4,20	Craw.
VI.	40,35	16,45	—	29,55	7,22	4,93	—	—	—	2,65	—	Derselbe.
VII.	40,36	16,08	—	30,24	6,06	4,39	—	—	—	—	—	Derselbe.

I. ein optisch zweiaxiger, grünlicher Glimmer, der bei der Verwitterung zuerst goldgelb, dann kupferroth wird, und fettglänzend mit einem sp. Gew. von 2,796 ist, aus körnigem Kalk bei St. Marie aux mines in den Vogesen.

II. lichttombackbrauner Glimmer aus den vulkanischen Schlacken unweit des Laacher Sees.

III. und IV. Glimmer aus einem Basaltblock eben daselbst.

V. ein tiefgelbbrauner aus St. Lawrence-County, New-Jersey.

VI. ein wasserheller, silberglänzender Glimmer ebendaselbst und

VII. ein durch Wasseraufnahme undurchsichtiges Stück von VI.

Der Kaligehalt dieses Glimmers variirt somit zwischen 6,06—13,15%. Der Magnesiaglimmer gehört zum hexagonalen (3- und 1axigen) Krystallsystem, einige Varietäten sind jedoch auch monoklinisch; die Härte desselben ist 2,5—3 und das spec. Gewicht 2,75—2,90. Der Magnesia-Glimmer ist meistens dunkel, grünlich oder bräunlichschwarz gefärbt, theilt mit dem Kaliglimmer die leichte Spaltbarkeit und verwittert ebenfalls sehr schwer.

Die Magnesiaglimmer bilden Gemengtheile vieler vulkanischer, sowie auch Urgebirgs-Gesteine, vor allem der Basalte, Trachyte, Laven, Porphyre und Granite.

γ. Lithionglimmer.

Für denselben stellt Rammelsberg folgende Formel auf:

$$RO\,SiO_3 + R_2O_3\,SiO_3$$
$$3\,(RO\,SiO_3) + 2\,(R_2O_3\,SiO_3)$$
$$2\,(RO\,SiO_3) + 3\,(R_2O_3\,SiO_3)$$

Die Thonerde ist auch hier zum Theil durch Eisenoxyd vertreten; von den Basen RO finden wir Kali, Eisenoxydul, Lithion, Manganoxydul, Magnesia und Natron; alle hierher gehörigen Glimmer sind ferner durch einen bedeutenden Gehalt an Fluor ausgezeichnet.

Die beiden folgenden Analysen von Rammelsberg, eine groß- (A) und eine kleinblättrige (B) Varietät, beide von Peterszeche, mögen die Zusammensetzung des Lithionglimmers zeigen.

	Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxyd	Eisenoxydul	Manganoxydul	Kali	Natron	Lithion	Magnesia	Phosphorsäure	Fluor
A.	46,52	21,81	4,78	6,80	0,48	9,09	0,39	1,27	0,44	0,13	7,47
B.	48,65	17,67	—	14,57	0,53	8,60	0,71	2,41	0,53	—	8,16

Der Lithionglimmer gehört zum monoklinischen oder zum rhombischen Krystallsystem. In seinen Eigenschaften steht er dem Kaliglimmer sehr nahe.

d. Leucit.

Der Leucit ist ein Gemengtheil der Laven, hat eine Härte von 5,5—6 und ein sp. Gew. von 2,45—2,50, gehört zum tesseralen Krystallsystem, ist graulichweiß bis aschgrau, auch röthlichweiß und schwarz.

Seine Zusammensetzung repräsentiren die folgenden Analysen, von welchen A vom Vesuv, eine schwarze, glasige Masse und B vom Kaiserstuhl stammt

	Kieselsäure.	Thonerde.	Kali.	Natron.	Kalkerde.	
A.	57,24	22,96	18,61	0,93	0,91	Rammelsberg.
B.	55,01	22,71	13,60	—	5,61	

e. Nephelin.

Ebenfalls ein Bestandtheil der Laven, ferner im Trachyt, Basalt und in den Doleriten. Er besteht aus:

	Nephelin vom Vesuv, Rammelsberg.	Nephelin vom Odenwalde, Scheerer.
Kieselsäure	43,56	43,70
Thonerde	32,18	32,30
Natron	16,25	15,80
Kali	7,14	5,60
Kalkerde	0,30	0,80
Magnesia	0,15	—
Eisen- u. Manganoxydul	—	1,1
Wasser	—	0,6

Formel: $2\,M_2O_3\,SiO_3 + RO^2\,SiO_3$.

Außer diesen hier aufgeführten wasserfreien Silikaten giebt es noch eine große Anzahl, welche ich hier jedoch nicht weiter beschreibe, weil dies einerseits später besser geschieht, da das Kali bei ihnen nicht vorwaltender Bestandtheil ist und weil sie anderseits in ihrer Verbreitung seltener sind.

§. 140.

B. Wasserhaltige Silikate.

Die Zahl der bis jetzt bekannten wasserhaltigen, Kali führenden Silikate ist eine ziemlich bedeutende, da ihr Vorkommen aber nur ein beschränktes ist, so führe ich dieselben hier nur mit Namen auf und werde, um die Zusammensetzung derselben zu zeigen, die Analysen von einigen folgen lassen.

Hierher gehörige Mineralien sind:

Algerit, Analcim, Apophyllit, Euphyllit, Giesecktit, Gigantolith, Margarodit, Phillipsit, Pinit, Polyargit, Sericit, Wilsonit u. s. w.

Zu den folgenden Analysen bemerke ich noch, daß dieselben von

I. einem blaugrauen Pinit von Penig,
II. einem hellgrauen Pinit aus der Auvergne,
III. einem Gieseckit, von Diana, Newyork,
IV. einem Wilsonit, rosenroth, glasglänzend, durchscheinend von Bathurst in Canada

herrühren.

	Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxydul	Kalkerde	Magnesia	Kali	Natron	Wasser	Name der Analytiker.
I.	47,00	28,36	7,08	0,79	2,48	10,74	1,07	3,83	Rammelsberg.
II.	47,50	31,80	3,92	—	1,78	9,05	0,94	5,03	Marignac.
III.	45,55	31,62	0,88	2,42	3,38	8,11	1,06	7,32	Brusk.
IV.	42,90	28,10	—	6,94	3,99	8,27	0,95	9,00	Huns.

Diese wasserhaltigen Silikate — Zeolithe — werden durch Salzsäure in der Regel unter Abscheidung der Kieselsäure vollständig zersetzt.

§. 141.

2. Kieselsäurefreie, kalihaltige Verbindungen.

a. Salpeter.

Der Salpeter entsteht überall da, wo stickstoffhaltige, organische Körper in Gegenwart von Kali sich zersetzen; näheres hierüber siehe

beim Stickstoff. Da nun dieser Proceß vor allem durch Wärme begünstigt wird, so finden wir den Salpeter auch in größeren Mengen, vor allem in den wärmeren Ländern, wie in Aegypten, Amerika, China, Frankreich, Italien, Ostindien, Persien, Spanien u. s. w.

b. Schwefelsaures Kali.

Das schwefelsaure Kali bildet mit der schwefelsauren Thonerde den Alaun, es kommt als solcher in der Natur ziemlich häufig vor. Der Alaun ist entstanden und bildet sich fortwährend noch da, wo Schwefelkies, Thon und kalihaltige Mineralien auf einander einwirken. Man findet ihn in manchen Laven, im Alaunfels, Alaunerz u. s. w.

Der Kalialaun hat die Formel $KO\,SO_3 + Al_2O_3\,SO_3^3 + 24\,HO$ und besteht hiernach aus 10,83 Thonerde, 9,95 Kali, 33,71 Schwefelsäure, und 45,51 Wasser.

Ferner finden wir das schwefelsaure Kali verbunden mit schwefelsaurer Magnesia und Chlormagnesium in dem Straßfurter Abraumsalze, unter dem Namen Kainit (Piavit); es hat die Formel: $KO\,SO_3 + MgO\,SO_3 + MgCl + 6\,HO$.

Reichardt beschreibt dann noch ein anderes ebendaselbst vorkommendes Mineral, welches den Namen Polyhalit führt und das nach ihm aus

43,444 schwefelsaurem Kalk
20,557 schwefelsaurer Magnesia
26,224 schwefelsaurem Kali
0,575 Chlormagnesium und
7,474 Wasser

besteht.

In dem straßfurter Abraumsalze kommt schließlich das Kali noch als Chlorkalium entweder für sich oder mit Chlormagnesium verbunden vor.

c. Chlorkalium.

Das Chlorkalium, Sylvin genannt, ist verschieden gefärbt, weiß, grau, braun u. s. w. und hat die Formel KCl.

Die Verbindung des Chlorkaliums mit Chlormagnesium führt den Namen Carnallit, ist weiß und roth und hat die Formel $KCl + 2\,MgCl + 12\,HO$.

Nach Reichardt besteht es aus

Magnesium	Kalium	Chlor	Wasser
7,81	14,95	36,99	40,88

Erdmann hat in dem Carnallit auch Rubidium und Cäsium gefunden. Weiteres hierüber beim Natron.

§. 142.

II. Natron.

Das Natron gehört ebenfalls mit zu den allgemein in der Natur vorkommenden Pflanzennährstoffen; wir finden es in einer großen Anzahl von Mineralien.

I. Kieselsaure Verbindungen.

a. Wasserfreie Silikate.

α. Albit oder Natronfeldspath. Der Albit besteht aus kieselsaurer Thonerde und kieselsaurem Natron, wobei auch hier ein Theil der Thonerde durch Eisenoxyd, ein Theil des Natron durch Kali, Kalkerde und Magnesia vertreten sein kann.

Die folgenden Analysen zeigen die Zusammensetzung des Albits.

I. aus Calveras-County in Californien stammend, undeutliche Krystalle; Analyse von Genth.

II. aus der Steele-Grube in Montgomery-County, New-Carolina, in beginnender Zersetzung; Analyse von Popplein.

III. aus dem Melaphyr von Agag, kleine längliche, röthlich-weiße Krystalle von 2,478 sp. Gew.; Analyse von Diday.

IV. grünlich-weiße Krystalle aus dem blauen Porphyr von aux Caux bei Frejus, sp. Gew. 2,610; Analyse von Diday.

	Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxyd	Manganoxydul	Natron	Kali	Kalkerde	Magnesia	Glühverlust
I.	68,39	19,65	0,41	—	10,97	Spur	0,47	—	0,21
II.	60,29	19,16	4,63	Spur	9,90	1,71	1,83	0,23	1,20
III.	67,00	19,20	0,30	—	7,20	2,20	1,20	1,80	—
IV.	69,60	19,30	—	—	4,10	2,85	6,80	0,50	—

Die Zusammensetzung wird hiernach durch folgende Formel repräsentirt: $Al_2 O_3 SiO_3^3 + RO SiO_3$.

Der Albit gehört, wie der Orthoklas zum triklinischen Krystallsystem, auch bei ihm kommen Zwillingsbildungen häufig vor; die

Härte variirt zwischen 6 bis 6,5 und das sp. Gew. zwischen 2,48 bis 2,67; Farbe verschieden: weiß, roth, gelb, grün und braun.

Der Albit zersetzt sich viel leichter, als der Orthoklas.

Was das Vorkommen des Albits betrifft, so steht derselbe in dieser Beziehung dem Orthoklas weit nach; wir finden ihn als Gemengtheil des Diorits und mancher Granite.

β. Andesin.

Derselbe ist in seinen äußeren Eigenschaften dem Albit sehr ähnlich, weicht jedoch in seiner Zusammensetzung wesentlich von demselben ab; er enthält nämlich weniger Kieselsäure und Natron als der Albit, an deren Stelle andere Basen auftreten.

Folgende Analysen mögen seine Zusammensetzung darthun.

I. ein gelblich weißer krystallinischer Andesin aus dem Diorit von Faymont in den Vogesen.

II. ein grünlich durchscheinender, krystallinischer Andesin mit feiner Zwillingsstreifung versehen von La Bresse, sp. Gew. 2,667.

	Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxyd	Manganoxyd	Kalkerde	Magnesia	Natron	Kali	Wasser
I.	59,38	25,57	—	—	6,50	—	7,30		1,25
II.	58,55	28,26	0,20	Spur	5,03	1,30	6,44	1,50	0,91

beide Analysen von Delesse.

Der Andesin kommt in den vulkanischen Gesteinen der Anden, im Syenit der Vogesen und im Porphyr des Esterelgebirges vor.

γ. Oligoklas.

Die Zusammensetzung dieses Feldspaths zeigen die folgenden Analysen:

I. Oligoklas von Fredestrand, Analyse von Scheerer.

II. Oligoklas vom Arendal; Analyse von Hagen.

III. Blasse, grünlichweiße Zwillingskrystalle aus dem dunkelgrünen Porphyr von Quenast, Belgien; Analyse von Delesse.

	Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxyd	Kalkerde	Magnesia	Natron	Kali	Glühverlust
I.	61,30	23,77	0,36	4,78	—	8,50	1,29	—
II.	63,51	23,09	—	2,44	0,77	9,37	2,19	—
III.	63,70	22,64	0,53	1,44	1,20	6,15	2,81	1,22

Die Formel ist hiernach $2 Al_2O_3 SiO_3^3 + ROSiO_3^3$; er gehört dem triklinischen Systeme an, hat eine Härte von 6 und ein sp. Gew. von 2,63—2,68, ist gelblich, graulich, auch grün gefärbt, und kommt im Granit, Granitit, Syenit, Porphyr, Diabas u. s. w. als Gemengtheil vor.

§. 143.

b. Wasserhaltige Silikate.

Die wasserhaltigen als alkalische Basis vorherrschend Natron führenden Silikate sind zwar an Zahl nicht unbedeutend, dagegen nicht sehr verbreitet. Die wichtigsten sind:

Analcim, Brevicit, Faujasit, Gmelinit, Herschelit, Mesolith, Natrolith u. a. m.

I. Analcim, wasserhelle Krystalle von der Cyclopen-Insel, sp. Gew. 2,236; Analyse von v. Waltershausen.

II. Natrolith (Natron-Mesotyp) aus dem Zirkon-Syenit von Laurvig, sp. Gew. 2,207; Analyse von Gmelin.

	Kiesel-säure:	Thon-erde:	Natron:	Kali:	Kalk-erde:	Wasser:
I.	53,71	24,02	7,39	5,50	1,04	8,50
II.	48,68	26,37	16,00	0,35	—	9,55

Ueber das Verhalten dieser wasserhaltigen Silikate gilt das beim Kali p. 379 Angeführte.

§. 144.

2. Verbindungen ohne Kieselsäure.

Unter den Mineralien, welche keine Kieselsäure enthalten, nimmt das Kochsalz als das verbreitetste, den ersten Rang ein. Dasselbe findet sich, wie wir bereits früher beim Wasser gesehen haben, in den verschiedenen Wässern in größerer oder geringerer Menge; ferner bildet es mit Gyps und anderen Salzen mächtige Lager in mehreren Gebirgs-Formationen, sowie Efflorescenzen der Erdoberfläche (südliches Rußland, Afrika, China) und schließlich wird es als Sublimat in den Klüften mancher Lavaströme gefunden.

Nach Nöggerath ist das Meer die Mutter von allem Kochsalz in und auf der Erde, wofür das Steinsalzlager zu Straßfurt den schönsten Beweis liefert, da dasselbe alle die Salze, welche im Meere vorkommen, nach dem Grade ihrer Löslichkeit von unten nach oben aufeinander liegend, enthält.

Da das Straßfurter Steinsalz das interessanteste der bis jetzt bekannten Steinsalzlager und wegen seines Gehalts an Kalisalzen

so außerordentlich wichtig ist, so möge hier eine kurze Angabe der Lagerung der einzelnen Salze nach Nöggerath seinen Platz finden. Zu unterst kennt man bis jetzt eine 685′ dicke Schicht reinen Steinsalzes, welche nur durch Schnüre von Anhydrit von $1/4$″ Dicke in durchschnittlich 7″ dicke Bände getheilt wird. Der Anhydrit und auch auf seinen Rändern das Steinsalz selbst sind etwas grau von bituminösem Gehalte. Diese Abwechselung deutet auf eine in der Zeit unterbrochene Bildung des Steinsalzlagers hin, welche sich auf die abwechselnden Jahreszeiten beziehen läßt, ähnlich wie beim Ettonsee. Auf die mächtige Steinsalzlagerung folgt eine Schicht von 200′ Mächtigkeit unreinen Steinsalzes, welche schon leichter lösliche Salze aufgenommen hat, ohne jedoch dadurch den wesentlichen Charakter des Steinsalzes zu verlieren. Nach dem unreinen Steinsalz kommt eine Schicht von 180′ Dicke, in der neben Steinsalz das Bittersalz vorwaltet; die obere Lage von einer Stärke von 135′ wird durch ein buntes, schichtenartiges Gemisch von Kalisalzen, Bittersalzen und Steinsalz gebildet, vorwaltend sind hierbei die ersteren, welche am leichtsten löslich und sich so zuletzt aus der Mutterlauge abgesetzt haben.

Die oberen Schichten, welche, damit man zum reinen Steinsalz gelangen konnte, abgeräumt werden mußten, führen den Namen Abraumsalz.

Die außerordentlich hohe Bedeutung dieses Steinsalz-Lagers für Deutschland braucht hier nicht erst hervorgehoben zu werden, bemerkt sei nur noch, daß es dieselbe nicht nur dem Steinsalz, sondern ebenso den Kalisalzen verdankt und durch diese für viele technische Gewerbe, sowie vornehmlich für die Landwirthschaft von ganz besonderer Wichtigkeit ist.

Das Kochsalz (Steinsalz) krystallisirt in Würfeln, ist in Wasser leicht löslich und besteht aus 60,41 Chlor und 39,59 Natrium. Die Farbe des Steinsalzes ist verschieden, wir finden es farblos, aber auch gelb, roth, grau, ja blau und grün gefärbt.

Von den andern Natronverbindungen sind noch zu erwähnen, Natronsalpeter (Chilisalpeter), Glaubersalz (schwefelsaures Natron), Natronalaun, Thermonatrit, Soda (kohlensaures Natron), Trona ($1 \frac{1}{2}$ fachkohlensaures Natron) u. s. w.

§. 145.

III. Kalkerde.

Die Kalkerde ist in der Natur sehr verbreitet, wir finden sie jedoch nur mit Säuren verbunden und zwar in Form von Sili=

katen, oder als kohlensaures, schwefelsaures und phosphorsaures Salz, sowie als Fluor- und Chlorcalcium.

1. Die Silikate.

A. Wasserfreie Silikate.

Unsere bisherige Betrachtung hat uns schon mit einer Anzahl von Silikaten bekannt gemacht, in denen Kalk einen Bestandtheil ausmacht. Es sind hier nun noch ferner zu nennen:

a. Labrador.

Kieselsaure Thonerde und kieselsaure Kalkerde, wobei ein Theil der Thonerde durch Eisenoxyd, ein Theil des Kalks stets durch Natron, ferner noch durch Kali und Magnesia vertreten sein kann.

Die Zusammensetzung des Labradors zeigen folgende Analysen:

I. bläulichgrauer Labrador aus Neurode, sp. Gew. 2,715; Analyse von v. Rath.

II. weißer Labrador aus dem Harze, sp. Gew. 2,817; Analyse von Rammelsberg.

III. bläulich weißer Labrador aus einem Gabbro, sp. Gew. 2,707; Analyse von v. Rath.

IV. graulich weißer Labrador, Neurode, sp. Gew. 2,709; Analyse von v. Rath.

V. gelblich krystallisirter Labrador aus zersetztem Basalt von Island, sp. Gew. 2,709; Analyse von Damour.

VI. gelblich krystallisirter Labrador aus verwittertem Diabas-Porphyr, Clausthal; Analysen von Metzger.

	Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxyd	Kalkerde	Magnesia	Kali	Natron	Glühverlust
I.	52,55	28,32	2,44	11,61	0,48	0,64	4,52	0,62
II.	51,00	29,51	Spur	11,29	0,28	0,28	3,14	2,48
III.	50,31	27,31	1,71	10,57	0,78	1,55	4,81	2,20
IV.	47,05	30,44	1,56	16,53	0,09	0,78	2,10	1,87
V.	52,17	29,22	1,90	13,11	—	—	3,40	—
VI.	54,48	25,50	5,33	8,05	—	0,12	2,11	3,65

Hiernach wird die Zusammensetzung durch folgende Formel repräsentirt:

$$Al_2O_3\,SiO_3^2 + RO\,SiO_3.$$

Der Labrador gehört dem triklinischen Krystallsysteme an, kommt aber auch derb vor, ist spaltbar, hat eine Härte von 6 und

ein sp. Gew. von 2,68—2,817. Durch Säuren wird er zersetzt, Farbe verschieden.

Der Labrador ist ein Gemengtheil vieler Gesteine, so der Syenite, Grünsteine, Dolerite u. s. w.

b. Anorthit.

Derselbe besteht aus kieselsaurer Thonerde und kieselsaurer Kalkerde, wobei die letztere Basis durch etwas Magnesia, Kali und Natron vertreten sein kann.

I. wasserheller Anorthit aus der Thjorsa-Lava, sp. Gew. 2,75; Analyse von Damour.

II. weißer, durchscheinender Anorthit, körnige Stücke bildend, aus dem Ural, sp. Gew. 2,73; Analyse von Potyka.

	Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxyd	Kalkerde	Natron	Magnesia	Kali
I.	45,97	33,28	1,12	17,21	1,81	—	—
II.	45,31	34,33	0,71	16,85	2,59	0,11	0,91

Die Formel des Anorthits ist:

$$3\,Al_2\,O_3\,SiO_3 + RO^3\,SiO_3.$$

Farbe meist weiß und durchscheinend, Härte 6, spec. Gew. 2,67—2,75; er wird von concentrirter Salzsäure vollständig zersetzt.

Der Anorthit kommt im Kugeldiorit, in der Thjorsa-Lava, in Meteorsteinen u. s. w. vor.

c. Epidot.

Die chemische Zusammensetzung desselben ist ziemlich schwankend; es sind im Wesentlichen Verbindungen von Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd und Kalkerde.

Folgende Analysen mögen die Zusammensetzung des Epidots zeigen.

I. Grüner Epidot aus dem Oligoklas-Porphyr von Ouenast, Belgien; Analyse von Drapiez.

II. Blaßgelblich grüner Epidot aus dem Diabas der Chalanges von Allemont; Analyse von Lory.

III. Epidot von Boury d'Oisant, sp. Gew. 3,42.

IV. Epidot von Aschmatowsk, sp. Gew. 3,41.

V. Epidot von der Sillhöhle bei Helsingfors, sp. Gew. 3,45.

Die 3letzten Analysen von Hermann.

	Kiesel-säure	Thon-erde	Eisen-oxyd	Eisen-oxydul	Kalk-erde	Man-gan-oxydul	Mag-nesia	Natron	Wasser
I.	34,00	26,00	17,00	--	19,00	1,00	—	—	3,00
II.	40,60	30,20	11,20	—	17,70	—	—	—	—
III.	38,00	20,87	15,06	1,90	21,93	Spur	—	—	2,08
IV.	40,27	20,08	14,22	2,39	21,61	Spur	0,53	—	0,16
V.	39,67	18,55	14,31	3,25	19,11	Spur	1,62	0,52	1,23

Eine allgemeine Formel für den Epidot ist bis jetzt noch nicht aufgestellt.

Die Epidote (Pistazite und Zoisite) sind monoklinisch, haben eine Härte von 6—7 und sp. Gew. von 3,2—3,5.

Die Epidote kommen als eingewachsene Krystalle und als eingesprengte stengliche, derbe Stücke im Granit, Syenit, Gneis, Grünstein und in vulkanischen Gesteinen vor.

d. Augit.

Dieses Mineral besteht aus kieselsaurer Kalkerde und kieselsaurer Magnesia, ein Theil beider Basen ist häufig durch Eisenoxydul und Manganoxydul vertreten.

Die folgenden Analysen zeigen die Zusammensetzung des Augits.

I. Augit aus dem Porphyr von Ternay; Analyse von Delesse.

II. dunkelgrüner Augit mit Skolopsit, am Kaiserstuhl vorkommend; Analyse von Rammelsberg.

III. hellbrauner Augit, schwachglänzend, vom Harze, sp. Gew. 3,25; Analyse von Streng.

IV. lebhaft glänzender Augit aus dem Gabbro des Ettersberges, sp. Gew. 3,31; Analyse von Streng.

V. dunkelbrauner Augit, aus dem Gabbro von der Barte, sp. Gew. 3,24; Analyse von Streng.

VI. Augit aus der Lava von 1858, schwarze Krystalle; Analyse von Rammelsberg.

	Kiesel-säure	Thon-erde	Eisen-oxydul	Man-gan-oxydul	Kalkerde	Mag-nesia	Wasser
I.	49,00	5,08	7,19	Spur	18,78	15,95	2,26
II.	48,02	2,67	13,57	1,28	25,34	9,74	—
III.	52,34	3,05	8,84	—	19,18	15,58	0,66
IV.	51,26	3,62	9,11	—	19,18	16,69	0,34
V.	51,70	5,41	6,67	Spur	19,68	15,08	0,82
VI.	49,61	4,42	9,08	—	22,83	14,22	—

Hiernach ist die Formel des Augits: $CaO^3 SiO^2_3 + RO^3 SiO^2_3$ Der Augit gehört zum monoklinischen Krystallsystem, hat eine Härte

von 5—6 und ein sp. Gew. 2,88—3,5, ist farblos, meistens jedoch gefärbt und zwar grau, grün bis schwarz. Der Augit verwittert schwer, weshalb wir ihn vielfach noch im Sande der Ackererde vorfinden.

Der Augit kommt im Basalt, vulkanischen Porphyren, Laven, im Diorit, in den Meteorsteinen u. s. w. vor.

Man unterscheidet noch folgende Varietäten: Diopsid, Kokkolith, Diallag, Salit, Fassait u. s. w.

5. Hornblende.

Die Hornblende gehört zu demselben Krystallsysteme, wie der Augit und steht ihm auch in der Zusammensetzung sehr nahe, wie folgende Analysen zeigen:

I. Hornblende aus Diorit von den Vogesen; sehr faserig, schön grün und blättrig, sp. Gew. 3,059; Analyse von Delesse.

II. eben daher, schwarz und blättrig, deutliche Krystalle; Analyse von Delesse.

III. Hornblende von Zsidovàcz in Ungarn, sp. Gew. 3,136; Analyse von Kussin.

IV. Hornblende aus dem Diabas der Chalanges von Allemont; Analyse von Lory.

V. Hornblende aus ähnlichem Gestein von Boury d'Oisans, Analyse von Lory.

	Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxydul	Manganoxydul	Kalkerde	Magnesia	Kali	Natron	Glühverlust
I.	50,04	8,95	9,59	0,20	11,48	18,02	0,08	0,81	0,59
II.	41,99	11,80	22,22	—	9,55	12,59	1,32		0,47
III.	46,01	10,49	10,03	3,46	13,80	15,09	—	—	—
IV.	45,30	8,00	25,70	—	12,30	6,00	1,30		1,40
V.	50,90	4,90	21,20	—	11,20	8,70	1,50		1,60

Hiernach ist die Formel für die Hornblende:

$$RO\ SiO_3 + RO^3\ SiO^2_3.$$

Die Hornblende ist ein Gemengtheil vieler Gesteine, so z. B. untergeordnet im Granit und Granitit, wesentlich im Syenit, Syenitporphyr, im Diorit, Melaphyr u. s. w. Die Hornblende verwittert ebenfalls schwer, und zwar um so schwerer, je weniger sie eisenhaltig ist.

Man unterscheidet bei den Hornblende-Mineralien, welche auch unter dem Namen Amphibole zusammengefaßt werden, gemeine und basaltische Hornblende, Strahlsteine, Grammatit, Uralit, Anthophyllit, Asbest u. s. w.

§. 146.

b. Wasserhaltige Silikate.

Da die hierher gehörigen wasserhaltigen Silikate nicht sehr verbreitet sind, so führe ich auch hier nur die Namen einiger derselben an, denen dann auch von wenigen die Analysen folgen werden. Hier sind zu nennen:

Apophyllit, Caporcianit, Chabasit, Diphanit, Euphyllit, Glottalith, Huronit, Laumontit, Levyn, Margarit, Mesolith, Neurolith, Okenit, Pektolith, Phakolith, Phillipsit, Prehnit, Stellit, Skolezit, Stilbit, Thomsonit, Wilsonit, Zeagonit.

I. Pektolith, Analyse von G. Rose, Formel: $4CaO^3SiO_3^2 + 3NaOSiO_3 + 3HO$.

II. Okenit, Analyse von v. Kobell, Formel: $CaO_3SiO_3^4 + 6HO$.

III. Apophyllit, Analyse von Rammelsberg, aus dem Gabbro des Radauthales, Harz, sp. Gew. 1,961.

IV. Pelagonit von Island, Analyse von Bunsen.

V. Skolezit von Island, Analyse von Gibbs. Formel: $CaO\,SiO_3 + Al_2O_3\,SiO_3 + 3HO$.

VI. Chabasit bei Annerod unweit Gießen von aus blasigem Basalt entstandenem Ackerboden; Analyse von Engelhardt, Formel: $3RO, 2SiO_3 + 3(Al_2\,O_3\,2\,SiO_3) + 18HO$.

	Kieselsäure	Eisenoxyd	Thonerde	Kalkerde	Magnesia	Kali	Natron	Wasser
I.	52,10	—	—	34,20	—	—	9,50	4,2
II.	57,00	—	—	26,00	—	—	—	17,00
III.	38,95	14,75	11,62	9,13	6,28	0,71	0,68	17,86
IV.	52,48	—	—	24,61	—	4,75	—	16,73
V.	46,72	—	25,90	13,71	—	—	—	13,87
VI.	48,31	0,14	19,47	11,00	0,26	1,17	—	19,65

§. 147.

2. Kieselsäurefreie Verbindungen.

a. Kohlensaurer Kalk.

Der kohlensaure Kalk ist sehr allgemein verbreitet.

α. Der Kalkspath, sehr schöne Krystalle bildend, welche zum hexagonalen Krystallsystem gehören, hat eine Härte von 3, und ein sp. Gew. von 2,6—2,72, ist weiß, oft auch grau, gelb, roth, blau, grün bis schwarz. Der reine Kalkspath hat die Formel $CaOCO_2$ und besteht aus 44 Kohlensäure und 56 Kalkerde; vielfach ist jedoch die Kalkerde durch kleine Mengen Magnesia, Eisenoxydul,

Manganoxydul und Zinkoxyd vertreten. Der Kalkspath kommt in der Ur=, Uebergangs= und Flötzzeit vor. Während die frei aus krystallisirten Varietäten den Namen Kalkspath führen, wird die körnige oder dichte Varietät Marmor und Kalkstein genannt. Der Marmor findet sich im älteren Gebirge, der Kalkstein gehört dagegen dem Uebergangs= und Flötzgebirge an; ferner werden stängelige und faserige Varietäten (Faserkalk, faseriger Kalksinter) oder schalige (Schieferspath) gefunden; zu nennen sind auch oolithischer Kalkstein, Rogenstein, Anthrakonit und Bergmilch.

Von diesen Varietäten ist der Kalkstein der verbreitetste und daher auch landwirthschaftlich, sowie technisch der wichtigste. Der Kalkstein ist aber nicht immer reiner kohlensaurer Kalk, sondern vielfach kommen als Gemengtheile desselben, noch kohlensaure Magnesia, oxydirtes Eisen und Mangan, Thon und Sand, kohlige und bituminose Beimengungen vor, wie die folgenden Analysen von Bischof zeigen.

I. Ist grauer, körniger Kalkstein aus einem Steinbruche in der Mitte von Ober=Schmottseifen.

II. Blaßrother, körniger Kalkstein mit grünlichem Glimmer.

III. Glimmerschiefriges Gestein, den Kalkstein begleitend, aus einem Steinbruche von Ober=Schmottseifen; er braust durch und durch mit Säuren.

	I.	II.	III.
Kohlensaurer Kalk mit wenig kohlensaurer Magnesia	82,10	87,49	29,59
Kohlensaures Eisenoxydul	2,59	0,47	2,43
In Säuren unlöslicher Rückstand (Quarz und Glimmer)	15,31	12,04	67,98

β. Arragonit, derselbe gehört zum rhombischen Krystallsystem, hat dieselbe Zusammensetzung wie der Kalkspath, eine Härte von 3,5—4. und ein sp. Gew. 2,7—2,96.; ist aber weit seltener als dieser. Varietäten desselben sind der Erbsen= und Sprudelstein (von Karlsbad).

b. Schwefelsaurer Kalk.

α. Anhydrit (wasserfreier, schwefelsaurer Kalk); derselbe, dem rhombischen Systeme angehörig, ist weiß, auch bläulich weiß, violblau, röthlich=weiß bis fleischroth u. s. w. gefärbt, seine Härte ist gleich 3—3,5. und sein sp. Gew. 2,8—3. Er hat die Formel $CaOSO_3$, besteht aus 58,82 Kalkerde und 41,18 Schwefelsäure und kommt vor allem im Steinsalz und Gypsgebirge vor.

β. Gyps (wasserhaltiger, schwefelsaurer Kalk). Derselbe ist monoklinisch, häufig sind auch Zwillingskrystalle, Härte ist gleich 1,5—2, sp. Gew. 2,2—2,4, farblos und verschieden gefärbt; die

Formel ist $CaO\,SO_3 + 2HO$, und hiernach seine Zusammensetzung 32,56 Kalkerde, 46,51 Schwefelsäure und 20,93 Wasser; er ist in Wasser ziemlich schwer (380—460 Theilen), in heißer concentrirter Salzsäure dagegen vollständig löslich.

Der Gyps ist im Gebiete gewisser Sedimentär-Formationen sehr verbreitet, wir finden ihn vor Allem in dem jüngeren Theil des Ueberganggebirges, in der Trias- und Tertiärformation.

Varietäten des Gypses sind Gypsspath oder Frauen-Eis, Fasergyps, körniger oder dichter Gyps (Alabaster, Stinkgyps), erdiger Gyps und Thongyps.

c. Der phosphorsaure Kalk wird bei der Phosphorsäure besprochen werden.

§. 148.

IV. Magnesia.

Die Magnesia kommt als Magnesiahydrat (Brucit), als Kieselsäure-Verbindung für sich und im Verein mit andern kieselsauren Salzen, sowie als kohlensaure, schwefelsaure Magnesia und als Chlormagnesium vor.

a. In Verbindung mit Kieselsäure.

α. Talk.

Der Talk ist kieselsaure Magnesia und Wasser; der Wassergehalt, der früher in Zweifel gezogen wurde, ist jetzt durch Delesse und Scheerer bewiesen, ein Theil der Magnesia ist ferner gewöhnlich durch Eisenoxydul, Manganoxydul und Kalkerde vertreten, wie die folgende Analyse von Delesse darthut.

Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxydul	Manganoxydul	Kalkerde	Magnesia	Wasser
59,61	0,81	3,95	0,56	2,88	28,41	3,78

Delesse hat hiernach die Formel $4(RO\,SiO_3) + RO\,HO$ aufgestellt. Der Talk wird von Säuren nicht angegriffen, verwittert dagegen unter dem Einfluß der Atmosphärilien leicht. Er kommt im Ur- und Uebergangsgebirge vor, namentlich in Sibirien, Schottland, dem Schweizer- und Tyroler Alpen-Talkschiefer.

β. Speckstein.

Auch der Speckstein, welcher früher für wasserfrei gehalten wurde, ist wasserhaltig und zwar beträgt die Menge desselben an 5%;

nach Rammelsberg repräsentirt die Formel $3\,MgO^2SiO_3 + 6\,(MgOSiO_3)$ die Zusammensetzung des wasserfreien Specksteins. Der Speckstein wird ebenfalls durch Säuren nicht angegriffen, er kommt auf Erzlagerstätten und auch im Serpentin vor.

Im Speckstein kann ein Theil der Magnesia durch Eisenoxydul, Kalkerde u. s. w. vertreten sein.

γ. Serpentin.

Derselbe ist nach der Formel $2\,(MgO^3\,Si\,O_3^2 + 3\,HO) + 3\,MgOHO$ zusammengesetzt, wobei die Magnesia zum Theil durch andere Basen nach der Formel RO vertreten sein kann. Man unterscheidet edlen und gemeinen Serpentin, von denen der letztere durch verschiedene Beimengungen verunreinigt ist und ganze Berge und Stöcke im Granit, Gneiß u. s. w. bildet. Zu ihm gehört auch: Pikrosmin, Pikrophyll, Monradit, Chrysolit, Villarsit, Meerschaum, Olivin u. s. w.

Die wichtigsten kieselsauren Doppel-Verbindungen der Magnesia sind schon beim Kalk aufgeführt. Hier sind noch zu erwähnen der Chlorit, eine Verbindung von kieselsaurer Thonerde, kieselsaurer Magnesia, Eisenoxydul und Wasser. Nach Rammelsberg hat derselbe die Formel $3\,RO^3SiO_3 + R_2O_3^3\,Si\,O_3 + 9\,HO$. Der Chlorit ist unlöslich in Salzsäure, wird aber von concentrirter Schwefelsäure zersetzt und verwittert an der Luft. Man unterscheidet blättrigen, schiefrigen, erdigen und gemeinen Chlorit, von welchem der schiefrige als Chloritschiefer die verbreitetste Form ist, derselbe bildet nämlich große Gebirgsmassen im Urgebirge.

§. 149.

b. In Verbindungen ohne Kieselsäure.

α. Kohlensaure Magnesia.

Die kohlensaure Magnesia kommt entweder rein vor — Magnesit —, oder in Verbindung mit kohlensaurem Kalk — Dolomit.

Beim Magnesit unterscheidet man spähigen (Magnesitspath) und dichten Magnesit (Giobertit); beim Magnesit ist meistens ein Theil der Magnesia durch Eisenoxydul, Manganoxydul und Kalkerde vertreten, wonach die Farbe eine verschiedene ist; er wird vor allem in schiefrigen, magnesiahaltigen Gesteinen in Norwegen, der Schweiz u. s. w. gefunden.

Der Magnesit hat die Formel $MgOCO_2$ und besteht hiernach aus 51,7 Kohlensäure und 48,3 Magnesia.

Der Dolomit (Braunspath, Bitterspath, Rautenspath) besteht im reinen Zustande aus 54,2 kohlensaurer Kalkerde und 45,8 kohlensaurer Magnesia; jedoch variiren die Mengenverhältnisse beider sehr; dann enthalten die Dolomite vielfach noch kohlensaures Eisenoxydul und Manganoxydul. Farbe ebenfalls sehr verschieden.

Dolomit und Magnesit werden von Säuren viel schwerer gelöst, als der kohlensaure Kalk. Der Dolomit ist sehr verbreitet, er bildet oft ganze Gebirgsmassen, so in den Alpen, dem deutschen Jura, Thüringer Walde u. s. w. — Flötz-Dolomit, Rauhwacke.

β. Schwefelsaure Magnesia (Bittersalz).

Das Bittersalz wird häufig gefunden, es bildet sich stets da, wo oxydirende Schwefelkiese auf magnesiahaltige Mineralien einwirken können und hat die Formel: $SO_3MgO + 7HO$. Das Bittersalz ist in Wasser leicht löslich.

Die schwefelsaure Magnesia kommt ferner noch mit schwefelsauren Alkalien, alkalischen Erden und Chlormagnesium verbunden vor, von welchen Verbindungen wir einige bei den Alkalien besprochen haben.

§. 150.

V. Eisen.

Wir haben das Eisen schon mehrfach als Bestandtheil der Mineralien kennen gelernt. Dasselbe kommt in den Meteorsteinen gediegen, als Eisenoxyduloxyd (im Magneteisenstein), als Eisenoxyd (im Eisenglanz, Rotheisenstein), als Eisenoxydhydrat (im Braueisenstein, Gelbeisenstein, Nadeleisenerz, Raseneisenstein, Wiesenerz z. Thl. u. s. w.) als kohlensaures Eisenoxydul (Spatheisenstein, Thoneisenstein), als schwefelsaures Eisenoxydul (Eisenvitriol), phosphorsaures Eisenoxydul und Eisenoxyd (Blaueisenerde, Rasen-Erz z. Thl. Grüneisenstein u. s. w.), als Schwefeleisen (Schwefelkies, Strahlkies, Magnetkies u. s. w.) allgemein verbreitet vor.

VI. Mangan.

Außer dem bereits erwähnten Vorkommen des Mangans, findet sich dasselbe als Manganspath (kohlensaures Manganoxydul), Braunit (Manganoxyd), Manganit, Wad (Manganoxydhydrat), Braunstein oder Pyrolusit (Manganhyperoxyd).

VII. Kieselsäure.

Die Kieselsäure kommt in der Natur als solche und in Verbindung mit Basen vor, welche letztere wir aus unserer bisherigen Betrachtung schon kennen gelernt haben.

Die Kieselsäure zeigt, mag sie als solche oder als kieselsaure Verbindung vorkommen, zwei Modificationen, von denen die eine löslich, die andere unlöslich ist.

1. Unlösliche Kieselsäure.

a. Krystallisirte Kieselsäure.

Hierher gehören die Quarze und zwar: Bergkrystall, Chalcedon, Feuerstein, Hornstein, Achat, Kieseltuff, Amethyst, gemeiner Quarz, welcher einer der Hauptgemengtheile der meisten krystallischen Gesteine (Granite, Gneiß, Glimmerschiefer, Quarzporphyr u. s. w.) ist, Jaspis, welcher Thonerde und Eisenoxyd beigemengt enthält und Kieselschiefer (lydischer Stein, mit Thonerde, Kalkerde, Eisenoxyd u. s. w.). Bei allen diesen Arten kommen noch verschiedenfache Abänderungen vor, z. B. beim gemeinen Quarz: Rosen-, Faser-, Milch-, Schiller- u. s. w. Quarz, Eisenkiesel, Aventurin, Prasem, bei den Chalcedonen: Plasma (Heliotrop), Carneol, Onyx u. s. w.

b. Amorphe Kieselsäure.

Die amorphe Kieselsäure unterscheidet sich von der krystallinischen durch ihre Löslichkeit in den wässrigen Lösungen von Alkalien und kohlensauren Alkalien; dieselbe enthält vielfach etwas Wasser, das ihr durch Glühen entzogen werden kann und das, da keine bestimmten Mischungsverhältnisse zwischen Wasser und Kieselsäure vorhanden sind, nicht füglich als Hydratwasser angesehen werden kann.

Zu nennen sind hier: der Opal, die Kieselpanzer der vorweltlichen und noch lebenden Kieselinfusorien (Tripel, Bergmehl, Kieselguhr u. s. w.) und ein Theil der Kieselsäure, die wir in den Ackererden beim Thon und beim Sande antreffen; die Menge derselben in den Ackererden beträgt meistens mehrere Procente; siehe in Bezug hierauf das Kapitel „der Boden“.

Die unlösliche Form der Kieselsäure ist auch in allen wasserfreien Silicaten enthalten.

2. Lösliche Kieselsäure.

Wir finden im Meerwasser, Flußwasser u. s. w. stets gelöste Kieselsäure, sowie auch die Ackererden stets in Wasser lösliche Kieselsäure führen. Die lösliche Form der Kieselsäure ist ferner in den sogen. zeolithartigen Mineralien enthalten.

Was die Zusammensetzung der Kieselsäure betrifft, so ist sie entweder als aus 1 Atom Silicium und 2 Atomen Sauerstoff oder aus 1 Atom Silicium und 3 Atomen Sauerstoff zusammengesetzt zu betrachten, wonach sie also die Formel: SiO_2 resp. SiO_3 hat; es kann hier auf die Gründe, welche für und wider die eine und die andere Formel angeführt worden sind, nicht eingegangen werden. Da sich aber die Formeln für die Mineralien je nachdem die Kieselsäure als SiO_2 oder SiO_3 angesehen wird, wesentlich ändern, so mußte dies hier bemerkt werden. Bei unserer Betrachtung ist die Kieselsäure unter der Formel SiO_3 aufgeführt worden.

§. 151.

IX. Schwefelsäure.

Das Vorkommen der Schwefelsäure als schwefelsaures Salz und Schwefelmetall ist schon bei den Basen behandelt, so daß hier nur auf das dort Angeführte verwiesen zu werden braucht.

Dasselbe gilt von dem

X. Chlor.

§. 152.

XI. Die Phosphorsäure.

Die Phosphorsäure kommt in der Natur ganz allgemein verbreitet vor, wir finden sie:

1. im Apatit (Phosphorit),
2. in den Coprolithen und Osteolithen,
3. in den Guanosorten,
4. in den Knochen,
5. in einer Anzahl seltener Mineralien.

1. Apatit (Phosphorit).

Der Apatit ist verschiedenartig gefärbt, er wird mit weißer, grauer, gelber, grüner, blauer, hellrother bis hellbrauner, auch rother Farbe gefunden und kommt entweder in regulären Krystallen oder krystallinisch, auch faserig, blättrig, derb oder in rundlichen Körnern vor.

Bei den Krystallen ist die sechsseitige Säule die Grundform; dieselben sind meistens sechsseitige Prismen, bisweilen mit Dihexanderflächen, bisweilen mit rhombischen Flächen zugespitzt.

Nach Rose sind die Apatite Verbindungen von 3 Atomen dreibasisch phosphorsaurem Kalke mit 1 Atom Fluor- oder Chlorcalcium, sie führen daher die Namen: Fluor- oder Chlorapatite; zuweilen kommen auch Fluor- und Chlorcalcium zusammen vor.

Die Formel für den Apatit ist daher beim Chlorapatit $3(3CaO\,PO_5)+CaCl$ und beim Fluorapatit $3(3CaO\,PO_5)+Ca\,Fl$.

Nach diesen Formeln ist die Zusammensetzung des Chlorapatits:
10,62 Chlorcalcium und
89,38 phosphorsaure Kalkerde;
die des Fluorapatits:
7,69 Fluorcalcium und
92,31 phosphorsaure Kalkerde.

Der Phosphorit ist mehr oder weniger unreiner Apatit, von verschiedener Farbe und Consistenz.

Was das Vorkommen des Apatits anbetrifft, so ist derselbe in den verschiedensten Theilen Europas und Amerikas gefunden worden.

In den folgenden Ländern kommt der Apatit in solchen Mengen vor, daß er bergmännisch gewonnen und so der Landwirthschaft nutzbar gemacht werden kann: Deutschland (Hörde in Westphalen, Hanau, Honnef bei Bonn, Schlaggenwalde in Böhmen u. s. w.), Norwegen und Schweden (Krageroe, Snarum), Ungarn (Kobrlopajana und Szigoba), Spanien (Lagrosan), Frankreich (in den Departements der Ardennen und der Maas) (Großbrittannien (Devonshire, Cornwall, Schottland, und Amerika (Connecticut, Germantown, West-Greenland, Hurdstone u. s. w.).

In kleineren Mengen, so daß seine bergmännische Gewinnung nicht mehr lohnend ist, finden wir ihn ferner in Tirol, Salzburg, Kärnthen, Steiermark, Mähren, der Schweiz u. s. w.

Außer diesem so eben näher besprochenen Vorkommen des Apatits in größeren Massen, findet er sich auch in den meisten Urgebirgsarten und Gesteinen der verschiedensten Länder, wenn auch nur in kleineren Mengen. Da das allgemeine Vorkommen der Phosphorsäure landwirthschaftlich sehr wichtig ist, indem sich dadurch der Phosphorsäuregehalt der Ackererde, die ja durch die Verwitterung der Gesteine entstanden ist, erklärt, so führe ich im Nachfolgenden die über das Vorkommen der Phosphorsäure bis jetzt bekannt gewordenen Daten an. Vorher bemerke ich noch, daß die in den weiter unten genannten Gesteinen u. s. w. enthaltene

Phosphorsäure nicht immer in der Form von Apatit in den Gesteinen vorkommt, sondern öfters auch organischen Ursprungs ist.

Da aber die specielle Form, in welchen die Phosphorsäure hier vorkommt, aus den Angaben nicht immer genau zu erkennen ist, und es hier ja auch vor Allem nur darauf ankommt, das allgemeine Vorkommen der Phosphorsäure zu zeigen, so stelle ich hier die mir bekannten Angaben zusammen.

Der erste, welcher in den Felsarten Phosphorsäure nachwies, war Fownes, der seine Untersuchungen im Jahre 1844 machte.

Er untersuchte zuerst die Porzellanerde in Dartmoor (Devon), welche durch Verwitterung des Feldspaths aus Granit entstanden ist, und fand in diesem Kaolin deutliche Spuren von Phosphorsäure; ferner untersuchte er dann folgende Felsarten, in welchen allen er Phosphorsäure nachwies.

α. in der Lava vom Rhein; in Keulen als Baustein benutzt,
β. in weißen Trachyt vom Drachenfels,
γ. in der Lava vom Vesuv,
δ. im Basalt von Cavedale in Derbyshire,
ε. im Basalt von Dudley,
ζ. in der alten Porphyr-Lava mit vielen Hornblende-Krystallen vom Vesuv, und η im Tuff vom Vesuv.

Kersten bestritt darauf das Vorkommen der Phosphorsäure, dagegen fand Deck im Basalt von Eschwege, in dessen Nähe auch Kersten seine Proben entnommen hatte, sowie in den Hornblendefelsen von Arendal Phosphorsäure.

Nesbit wies ferner in einigen Mergelproben der obersten Grünsandstein-Formation 2,31 % Phosphorsäure nach.

Schramm fand in einigen Kalksteinen von Würtenberg kleine Mengen von Phosphorsäure, nämlich 0,064—0,176 %.

Ferner untersuchte Faist andere Kalksteine und fand Phosphorsäure: im Jurakalk von Unterkochen, im Dolomit von Jaxtfeld, im Liaskalk von Rohr bei Vaihingen, im Juramergel vom Geislinger-Steig, im Keuperkalk von Weinsteig, im Jurakalk von Hunderfingen, im Amalthrenthon von Jesingen bei Kirschheim, im oberen Posidomienschiefer von Ohmden, im thonigen Kalkstein von Blaubeuren und im thonigen Muschelkalk von Zoffenhausen.

Bergemann fand in der Lava von Niedermendig 1,8 % Phosphorsäure; Sullivan wies dieselbe nach im Granit, Gneiß, Glimmerschiefer und Chloritschiefer vom Odenwalde und im Augitporphyr und Basalt von Giant's-Causeway.

Dann ist das allgemeine Vorkommen der Phosphorsäure von Thomson, der sie in allen von ihm untersuchten Gesteinen fand, nachgewiesen. H. Rose zeigte ferner ihre Anwesenheit in Infusorien-Ueberresten und Way in englischen Bildungen; so fand er in einem grünen Mergel 3,8 %.

Nach Senft's Angabe ist sie ferner im Muschelkalk aus Dolomit, aus der Gegend von Fulda, im Klingstein und Augit des Rhöngebirges, im Glimmer, im Spessart u. s. w. enthalten.

Dehérain hat ferner das Vorkommen der Phosphorsäure in verschiedenen Kalkerden Frankreichs dargethan, in denen die Phosphorsäure als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia enthalten sein soll; so fand er:

im Kalktuff von Quillie	1,200 %
im Mergel von Beaufour, Arondissement von Pont l'Evéque	1,450 %
im Kalk aus reinem Bruch im Departement la Manche	1,218 %
im Tangue Nr. 1, Departement la Manche	1,650 %
und im Tangue Nr. 2, ebendaselbst	1,639 %.

Schließlich untersuchte noch Handtke mehrere im Königreich Sachsen in der Umgegend von Penig und Tharand vorkommende Gesteine auf Phosphorsäure und erhielt hierbei folgende Resultate:

Fünf Urgebirgsarten aus der Umgegend von Penig enthielten folgende Menge von Phosphorsäure:

Feldspath aus Rochsburg	Gneiß aus Gerbisdorf	Granulit aus Penig	Granit aus Hellsdorf	Granitsand aus Burgstädt
1,7 %	0,78 %	1,63 %	0,58 %	0,68 %

In 8 Gesteinen aus der Umgegend von Tharand wurden an Phosphorsäure gefunden:

Basalt des Landgebirges	1,11 %
Metaphyr des Plaueschen Grundes .	0,30 %
Syenit ebendas.	0,10 %
Gneiß aus Tharand	0,25 %
Felsit aus Tharand	0,21 %
Thonschiefer aus Tharand	0,76 %
Thonsteinporphyr aus Tharand . .	0,43 %
Kalkstein aus Schweinsdorf . . .	0,51 %

Ferner habe ich in allen von mir untersuchten Mergeln aus Pommern, Rügen, Mecklenburg, West- und Ostpreußen, Phosphorsäure und zwar oft in nicht unbedeutenden Mengen gefunden.

Aus diesem so eben geschilderten Vorkommen kann man gewiß mit Recht den Schluß ziehen, daß die Phosphorsäure ganz allgemein verbreitet ist.

Auf der folgenden Tabelle stelle ich einige Analysen der verschiedenen eben näher beschriebenen Apatite zusammen.

	Hygroscopisches und chemisch gebundenes Wasser	Phosphorsäure	Kalkerde	Chlorcalcium	Fluorcalcium	Magnesia	Phosphorsaures Eisenoxyd und phosphors. Thonerde	Alkalien	Thonerde	Eisenoxyd	Ceroxyd u. Yttererde	Kohlensäure	Natürliche Silicate, resp. Kieselsäure	$3\,CaOPO_5$ nach der PO_5 berechnet	
Apatit von Krageroe, roth gefärbt	0,83	41,88	53,45	1,61	—	—	0,66	—	—	—	—	—	1,24	90,74	Voelker.
Apatit von Krageroe, von heller, fast weißer Farbe	0,50	42,28	53,35	2,16	—	—	0,92	—	—	—	—	—	0,99	91,60	do.
Apatit von Snarum	—	41,54	53,46	4,17	3,07	—	—	—	—	1,79	--	—	—	90,66	Weber.
Phosphorit von Amberg	1,31	42,16	48,16	—	—	0,75	—	0,06	—	1,56	—	2,21	4,97	89,43	Schroeder.
Phosphorit vom Siebengebirge	1,65	37,33	47,50	—	—	2,70	--	—	3,28		—	2,20	3,50	81,50	Bluhme.
Phosphorit von Hanau	2,28	36,88	49,41	—	—	0,47	—	1,38	0,93	1,85	—	1,81	4,50	80,51	Nuetz.

	Wasser	Organische Substanz	Phosphorsäure	Kalkerde	Eisenoxyd	Thonerde	Magnesia	Eisenoxydul	Chlorcalcium	Fluorcalcium	Silicat	Alkalien	Kohlensäure	Phosphors. Kalkerde nach der Phosphorsäure berechnet	
Phosphorit aus Spanien . . .	0,68	—	36,36	42,68	—	8,81	—	—	—	—	11,47	—	—	78,79	Voelker.
dito.	—	—	34,83	42,82	0,74	1,35	0,11	—	0,42	18,91		—	—	76,00	Peters.
Phosphorit von Hörde	1,900	9,926	19,410	24,204	0,855	4,610	1,270	13,170	—	3,393	13,715	—	—	42,37	Karmrodt.
derselbe	0,83	6,50	21,00	19,50	—	—	0,64	12,42	—	—	28,68	Spur	8,71	45,84	Krocker. (1,72 doppelt Schwefeleisen)
Phosphorhaltiger Schiefer a. der Steinkohlenformation bei Hörde in Westphalen . .	—	3,47	19,69	24,07	—	—	—	18,77	—	—	21,70	—	12,30	42,98	Handtke.
Apatit v. Hardstown (New-York)	—	—	43,28	53,50	—	—	—	—	—	Spur	0,29	—	—	96,78	Whitney.
dito.	—	—	42,33	50,07	0,04	—	—	—	0,54	7,02	—	—	—	92,40	Jackson.

§. 153.

2. Coprolithen und Osteolithen.

Versteinerungen der Excremente und Knochen vorweltlicher Thiere werden oft in nicht unbedeutenden Mengen in den jüngeren Formationen gefunden, und zwar: im Diluvium, in der Jura-, Lias-, Keuper-, Muschelkalk-, Bunt-Sandstein-, Zechstein-Formation, der Formation des rothen Todtliegenden und der Steinkohlenformation. So kommen in mehreren Grafschaften Englands, wie Norfolk, Essex, Dorset, Suffolk, York, Cambridge u. s. w. enorme Mengen Coprolithen, Knochenfragmenten, Zähnen u. s. w. von Fischen und Reptilien vor.

In Betreff der Suffolk-Coprolithen ist noch anzuführen, daß die im Suffoll-Crag vorkommenden phosphorsäurehaltigen Materialien vorherrschend nicht, wie man früher annahm, fossile Excremente von Sauriern sind, sondern aller Wahrscheinlichkeit nach kalkhaltige Kiesel (calcareous pebbles), welche einer besonderen Metamorphose unterworfen und durch andauernde Berührung mit thierischen und pflanzlichen Ueberresten mit Phosphorsäure imprägnirt worden sind; deshalb giebt ihnen Buckland den Namen „Pseudo-Coprolithen", ein Name, welcher wissenschaftlich allgemein angenommen ist. — Ferner werden in dem Crag noch viele Fossilien gefunden, welche aus Knochenüberresten des Wallfisches und anderer Thiere, sowie aus Fischzähnen u s. w. bestehen.

Coprolithen (resp. Osteolithen) finden sich ferner noch in Deutschland (im bituminösen Schiefer Böhmens, bei Rothenburg an der Tauber, der Schweiz (bei Basel) u. s. w.), in Frankreich (Ardennen) und Rußland (bei Papowka nicht weit von Kursk).

In der folgenden Tabelle habe ich einige der bis jetzt bekannten Analysen von Coprolithen zusammengestellt.

Benennung der Coprolithen	Wasser	Organische Substanz	Eisenoxyd	Thonerde	Kalkerde	Magnesia	Kali	Natron
Cambridge-Coprolithen	4,01	—	1,87	2,57	45,39	0,48	0,84	0,73
Suffolk-Pseudo-Coprolithen	2,53	—	4,81	3,72	38,20	1,34	0,56	0,18
Fragment eines Saurio-Coprolithen aus Dorsetshire . . .	9,3616	—	2,4549		44,4695		—	—
Fisch-Coprolithen aus dem südlichen Wales	1,4000	—	7,4737	5,7033	23,4914	—	—	—
Coprolithen aus Böhmen; Starkenbach .	—	74,03	—	—	12,26	1,31	—	—
Coprolithen aus Böhmen; Kostitz . . .	1,76	11,01	1,00	—	34,66	6,41	0,49	—
Französische Coprolithen	4,7 bis	0,2	16,9	—	32,5 bis	—	—	—
Französische Coprolithen	10,33	0,2	16,9	—	44,54	—	—	—
Osteolithen aus Fifeshire	2,70	—	2,07	2,30	35,42		4,69	

§. 154.

3. Guanosorten.

Alle Guano's zeichnen sich durch ihren größeren oder geringeren Gehalt an Phosphorsäure aus und ihr Werth als Dünger wird theils durch dieselbe, theils fast allein durch sie bedingt. Da die Beschreibung der Guanosorten im zweiten Bande erfolgen wird, so sei hier nur erwähnt, daß die folgenden Guanosorten vor Allem dem Gehalte an Phosphorsäure ihre Anwendung verdanken: Baker-, Jarvis-, Howland-, Sombrero-Insel-, Maracaïbo- oder Monks-, Bolivianischer-, Kooria-Mooria-, Lion-, Carière- und Pacific-Guano.

Phosphorsäure	Schwefelsäure	Chlornatrium	Kohlensäure	Fluor und Verlust	Phosphors. Kalkerde nach der Phosphorsäure berechnet.	Kohlensaure Kalkerde nach der Kohlensäure berechnet.	Silikate und Kieselsäure	Name der Analytiker.
26,75	1,06	Spur	5,13	4,95	57,12	11,66	6,22	Voelker.
24,24	1,40	0,07	5,37	4,31	52,52	12,20	12,27	derselbe.
22,2275	Spuren		15,9348	1,379	48,53	36,22	2,1106	Herapath.
15,4016	—	—	16,5440	—	33,62	37,60	18,8000 u. Fluorcalcium	derselbe.
6,99	—	1,96	3,45	—	15,25	4,57	—	Reuss.
18,50	4,48	0,08	6,98	—	40,4	15,86	14,63	R. Hoffmann.
12,12	—	—	4,9	—	26,4	11,6	18,8 bis	Dugléré u. Dehérain.
bis 22,00	—	—	bis 7,33	—	43,03	16,7	25,66	dieselben
25,32	—	—	6,98	14,67	55,7	15,87	—	Brunnius.

§. 155.

4. Die Knochen.

Auch die Beschreibung der Knochen wird zugleich mit der Art der Anwendung derselben im zweiten Bande ihren Platz finden, weshalb hier nur erwähnt zu werden braucht, daß dieselben aus dem stickstoffhaltigen Knorpel, Fett, phosphorsauren und kohlensauren alkalischen Erden, Fluorcalcium und geringen Mengen Alkalisalzen bestehen und daß ihre Zusammensetzung sowohl nach der Thierart als auch nach dem Alter der Thiere variirt.

§. 156.

5. Die phosphorsäurehaltigen Mineralien.

Um die Beschreibung des Vorkommens der Phosphorsäure so vollständig als möglich zu geben, muß ferner noch einer Anzahl von Mineralien Erwähnung geschehen, wenn gleich auch ihr Vorkommen, so viel bis jetzt bekannt, nur ein seltenes ist. Die Kenntniß derselben ist aber aus dem Grunde sowohl nothwendig als auch interessant, weil sie das Bild über die Verbreitung der Phosphorsäure vervollständigen und einen Beitrag zur Erklärung des allgemeinen Vorkommens derselben in der Ackerkrume liefern.

Da aber, wie schon erwähnt, das Vorkommen derselben im Allgemeinen ein seltenes ist, so mag hier eine kurze Anführung der bekanntesten, ohne weitere nähere Beschreibung genügen.

Zu nennen sind hier:

Blaueisenerde (vorherrschend aus phosphorsaurem Eisenoxyd und Eisenoxydul bestehend), Raseneisenstein (phosphorsaures Eisenoxyd und Manganoxyd), Vivianit (phosphorsaures Eisenoxydul), Grüneisenstein (phosphorsaures Eisenoxyd und Eisenoxydul), Eisenapatit (phosphorsaures Eisen- und Manganoxydul mit Fluormetall), Triphyllin und Triplit (beide vorherrschend phosphorsaures Eisen- und Manganoxydul), Calcoferrit (Phosphorsäure mit Eisenoxyd und Kalkerde), Delvauxit (ebenso), Wawellit (phosphorsaure Thonerde), Kalait, Reganit, Gilbsit, Evansit, Hauerit (phosphorsaure Thonerde, theils mit wechselnden Mengen von Hydraten der Kalkerde, des Eisenoxydul u. s. w.), Brushit (phosphorsaure Kalkerde), Pyromorphit (phosphorsaures Bleioxyd und Atlorblei), Ehlit und Phosphorcalcit (phosphorsaures Kupferoxyd), Uranit (Phosphorsäure an Uranoxyd und Kalkerde gebunden).

Zu den Angaben in Betreff der Bestandtheile der angeführten Mineralien ist noch zu bemerken, daß nur die wichtigsten derselben angegeben sind.

Kapitel II.

Verwitterung der Gesteine und Mineralien.

§. 157.

1. Die Gesteine sind meistens aus mehreren Mineralien zusammengesetzt.

Die im vorigen Kapitel beschriebenen Mineralien bilden meistens nicht für sich größere Felsmassen, sondern wie schon angegeben, sind sie Gemengtheile der Gesteine, aus denen unsere Erde besteht.

Da nun die Verwitterungsfähigkeit der einzelnen Mineralien eine verschiedene ist, indem das eine Mineral den Verwitterungs-Factoren weit mehr Widerstand als ein anderes entgegensetzt, so trägt der Umstand, daß mehrere Mineralien ein Gestein bilden, außerordentlich zum Zerfall desselben bei. Würden größere Felsmassen stets nur aus einem Mineral bestehen und wäre die Verwitterungsfähigkeit der Gesteine dieselbe, so würde die Verwitterung derselben viel langsamer vor sich gehen, wie es jetzt der Fall ist.

Nach G. Rose besteht z. B. der Granit in seinen Hauptbestandtheilen aus weißem, sehr selten röthlich-weißem oder fleischrothem Orthoklas, Quarz, weißem Kaliglimmer, schwarzem Magnesia-Glimmer und geringen Mengen von Oligoklas, welchen sich als unwesentliche Gemengtheile noch Hornblende, Orthit, Titanit, Apatit und Eisenkies zugesellen. Der Syenit enthält als Hauptgemengtheile: rothen, bräunlich-rothen oder auch weißen Orthoklas, vorherrschend bräunlichen Oligoklas, graulich-schwarze Hornblende und Quarz. Der Andesin im Syenit der Vogesen ist nach Rose zersetzter Oligoklas. Außer diesen Hauptbestandtheilen finden wir im Syenit als gewöhnliche Beimengung Titanit, Apatit, Magneteisenerz, seltener Zirkon, Nephelin, Polymignit u. s. w. Der Porphyr hat als Hauptgemengtheile: Orthoklas, Oligoklas, Quarz und Magnesia-Glimmer und eine Grundmasse, welche

ein sehr feines, inniges Gemenge derselben Mineralien zu sein scheint; als unwesentliche Gemengtheile kommen in demselben der Cordierit, (zu Pinit zersetzt) Granat, Orthit und Eisenkies vor. Der Syenitporphyr enthält schließlich in einer Grundmasse, die Krystalle von Orthoklas, Oligoklas, Magnesia-Glimmer und Hornblende eingeschlossen; die Grundmasse ist von verschiedener Farbe — bräunlich-roth, röthlich-grau bis graulich-schwarz mit feinsplitterigem bis unebenem Bruch. Als unwesentliche Gemengtheile finden wir in dem Syenitporphyr, Granat, Nephelin, Titanit, Quarz, Magneteisen, Eisenglanz und Eisenkies. Die Hauptgemengtheile kommen hier aber nicht immer vor, was die Ursache der großen Verschiedenheit des Syenitporphyr ist.

Diese Art der Zusammensetzung der einzelnen Gesteine, welche unsere Erde bilden, ist, wie schon ausgesprochen, für die Verwitterung derselben aus dem bereits angeführten Grunde sehr wichtig. Die zeolithartigen Mineralien zersetzen sich bedeutend leichter, als die wasserfreien Silicate; von diesen widerstehen den Factoren der Verwitterung die Glimmerarten weit mehr als die Feldspäthe; niedrige Oxydationsstufen der Schwermetalle und Schwefelmetalle werden leicht oxydirt und tragen dadurch zum Zerfall der Gesteine in denen sie enthalten sind, viel bei.

§. 158.

2. Allgemeine Betrachtung über den Zerfall der Gesteine.

Denken wir uns zunächst ein Gestein — einen Fels — mit vollständig glatter Oberfläche und auf dasselbe die Factoren der Verwitterung — Wasser und die Luft, mit den in beiden enthaltenen Bestandtheilen — einwirken, so würde, wenn dasselbe aus einem schwer sich zersetzenden Mineral bestünde, die Verwitterung äußerst langsam vor sich gehen. Besteht jedoch das Gestein, welches die Felsmasse bildet, wie es meistens der Fall ist, aus mehreren Mineralien, so wird der Vorgang der Zerklüftung und Verwitterung desselben, etwa wie folgt, sein.

Die zeolithartigen Mineralien, die Eisenoxydul, Manganoxydul enthaltenen Verbindungen, sowie die Schwefelmetalle, dann die vor allem Kalk führenden Silikate werden zuerst den Einwirkungen der Verwitterungs-Factoren verfallen. Hierdurch entstehen auf dem Gesteine Unebenheiten, kleine Risse und Oeffnungen, wodurch dem Wasser, der Kohlensäure u. s. w. eine größere Oberfläche für ihre Thätigkeit geboten wird. In diesen kleinen Vertiefungen, Rissen u. s. w. sammelt sich ferner Wasser an, die Winterkälte läßt dasselbe gefrieren, und da es sich beim Gefrieren ausdehnt, so bewirkt

es eine weitere Zerklüftung des Gesteins. Ferner trägt die Luft zu dem Felsen Samen der verschiedensten Pflanzen; fallen diese in solche kleine Vertiefungen und Unebenheiten, so bleiben sie liegen, keimen und entwickeln sich weiter, sobald sie die nothwendige Nahrung vorfinden. Die Würzelchen dringen in die kleinen Spalten und Risse ein, entnehmen vermittelst gewisser Ausscheidungen aus den Mineralien ihre Nahrung, wodurch sie auf chemischen Wege die Zersetzung derselben befördern. Bei weiterem Wachsen der Pflanzen und dem Stärkerwerden der Wurzeln, tragen sie dann physikalisch zu weiterer Zerklüftung des Gesteins bei. Dies hier eben Beschriebene findet naturgemäß nicht in einem oder in wenigen Jahren statt, sondern dazu gehören eine große Reihe von Jahren. Je weiter nun die Zerklüftung der Gesteine durch Wasser und Pflanzen vor sich geht, um so weiter und in so größerer Menge können beide eindringen und ihr Werk der Zerstörung in um so größerem Maßstabe fortsetzen.

Erwähnt muß hier noch werden, daß durch größere Naturereignisse oft in einem Tage mehr zur Zerklüftung der Gesteine beigetragen wird, als durch die oben geschilderten Einflüsse in Jahrhunderten, so z. B. durch Erdbeben, vulkanische Eruptionen, Ueberschwemmungen. Je mehr die Gesteinmassen zerklüftet werden, um so größer wird die Oberfläche, welche den Verwitterungsfactoren zum Angriffe geboten wird und um in so höherem Grade und mit um so größerem Erfolge können sie jetzt ihre Arbeit fortsetzen.

In dem Vorhergehenden haben wir in Kürze zu zeigen versucht, wie die Felsmassen allmählig zerklüftet und zertrümmert werden. Im Folgenden wollen wir speciell auf die Verwitterung der Mineralien und die Entstehung der Ackererde aus ihnen übergehen.

3. Verwitterung der Mineralien.

§. 159.

A. Die einzelnen Factoren der Verwitterung.

Außer den bereits in der obigen Betrachtung genannten physikalischen Einflüssen, welche den Zerfall der Gesteine und Mineralien bewirken, sind als die wichtigsten Factoren, welche chemisch die Verwitterung und Zersetzung der Mineralien und Gesteine verursachen, Wasser und Luft, mit den in beiden enthaltenen Stoffen, vor allem Kohlensäure und Sauerstoff, dann aber auch Ammoniak und Salpetersäure, zu nennen.

Wenn im Folgenden versucht werden soll, den Antheil, welchen die einzelnen Factoren an der Verwitterung der Mineralien nehmen, zu beschreiben, so muß zunächst noch besonders hervorgehoben werden, daß in der Natur die einzelnen Verwitterungsursachen nie oder wenigstens selten für sich allein wirken, sondern daß ihre Thätigkeit stets eine gemeinschaftliche ist.

a. Das Wasser.

α. Chemische Aufnahme von Wasser. — Hydratbildung.

Es ist schon mehrfach früher erwähnt worden, daß die wasserhaltigen Mineralien bedeutend leichter löslich sind, als die wasserfreien. Die obige Beschreibung der Mineralien hat uns nun z. B. die Feldspäthe als wasserfreie Verbindungen kennen gelernt, nichtsdestoweniger finden wir in vielen Feldspäthen Wasser vor, was Delesse zu der Behauptung veranlaßte, daß dieselben ursprünglich Wasser enthielten, eine Behauptung, welche von Rammelsberg mit Recht bestritten wird. Das Vorhandensein von Wasser in den Feldspäthen erklärt sich sicherlich viel besser durch die Annahme, daß dasselbe später von demselben aufgenommen ist, wofür der verschiedene Gehalt an Wasser, der gefunden worden ist, und die Thatsache spricht, daß die ältesten Gesteine am wenigsten davon enthalten. Halten wir diese Annahme fest, so sehen wir, daß durch langsame Aufnahme von Wasser, allmählig eine Metamorphose der Gesteine herbeigeführt wird. — Das in den Feldspäthen u. a. gefundene Wasser ist, wie wohl kaum bemerkt zu werden braucht, nicht alles chemisch gebundenes, sondern ein Theil desselben ist hygroskopisches Wasser. Diese allmählige Wasseraufnahme und dadurch herbeigeführte Metamorphose der Mineralien trägt sehr zur Verwitterung derselben bei.

Leichter zu beobachten und deutlicher wahrnehmbar, sowie in der Wirkung viel schneller ist die Hydratbildung bei denjenigen Mineralien, welche an und für sich leicht hierzu geneigt sind, z. B. beim wasserfreien Gyps.

β. Auflösung von Stoffen.

Das Wasser besitzt das Vermögen viele Stoffe aufzulösen, ja man kann sagen, daß es keinen Stoff giebt, der im Wasser absolut unlöslich ist. Wenn wir gewöhnlich von löslichen, schwerlöslichen

und unlöslichen Körpern sprechen, so haben wir dabei stets nur die verhältnißmäßig geringe Menge im Auge, mit der wir im Laboratorium arbeiten können und wo wir dann bei denjenigen, bei denen die Wage in dem zur Lösung benutzten Wasser wenig oder gar nichts Gelöstes nachweist, von schwer oder unlöslich sprechen. Nehmen wir aber größere Mengen in Arbeit, so erhalten wir auch stets wägbare Mengen derselben gelöst, die zwar procentisch sehr klein ausfallen werden, welche aber die lösende Kraft des Wassers auch auf diese Körper darthun und uns so eine Thätigkeit desselben zeigen, welche für die Gesteine durchaus nicht unwesentlich ist.

Daß aber diese Eigenschaft des Wassers und der Einfluß desselben auf das Zerfallen der Gesteine für die Körper, welche in denselben löslich sind, von großer Bedeutung ist, braucht kaum hervorgehoben zu werden: dieselben werden ausgewaschen und so der Zusammenhang der einzelnen das Gestein zusammensetzenden Mineralien gestört.

Die lösende und zersetzende Wirkung von reinem Wasser auf die Gesteine zeigen die Versuche von W. B. und R. E. Rogers.

Feldspath, Glimmer, Leucit, Serpentin, Gneiß, Feuerstein, Calcedon, Hornblende, Augit, Anthracit u. s. w. wurden eine Woche lang mit Wasser behandelt, wobei sich zeigte, daß dieselben 0,1 — 0,4 % ihrer angewandten Massen an das Wasser abgegeben hatten, welche aus Alkalien, Kalkerde, Magnesia, Eisenoxyd, Thonerde und Kieselsäure bestand.

Diese Versuche bestätigen die früheren Arbeiten von Struve, Forchhammer, Wiegmann und Bunsen.

Weitere Angaben über die lösende Kraft des Wassers werden später gemacht werden.

In der Natur wirkt nun aber nie reines Wasser, sondern stets mit demselben noch Kohlensäure, da es wohl kein Wasser giebt, das nicht wenigstens geringe Menge derselben enthält; mit der Kohlensäure ferner noch der Sauerstoff und die Salze, welche durch das Wasser zunächst gelöst worden sind, vor allem kohlensaure Alkalien, alkalische Erden u. a.

§. 160.

b. Die Kohlensäure.

Alle Mineralien werden auch durch Säuren allmählig theils zersetzt, theils aufgelöst. Die Kohlensäure gehört zwar zu den schwächsten Säuren, jedoch, da sie lange Zeit einwirken kann, so ist das Endresultat ihrer Thätigkeit dasselbe, wie das der starken Mineralsäuren.

G. Bichoff ließ zufälligerweise Basaltstücke, von der Größe einer welschen Nuß in verdünnter Schwefelsäure einige Jahre lang liegen und fand nach dieser Zeit die Flüssigkeit eingetrocknet und den Basalt bis in's Innere zersetzt.

Die Wirkung der Kohlensäure bei den Mineralien ist eine verschiedene. Kohlensaure Verbindungen, kohlensaure Kalkerde, kohlensaure Magnesia, kohlensaures Eisenoxydul u. s. w. werden in der Weise gelöst, daß sich die doppelt kohlensauren Verbindungen derselben bilden, welche an sich im Wasser löslich sind.

Phosphaten (Apatit u. s. w.) wird unter Entstehung von kohlensaurem Kalk, Kalkerde entzogen, wodurch allmählig saurer phosphorsaurer Kalk gebildet wird, der in Wasser löslich ist.

Gesteine, welche Carbonate und Phosphate enthalten, werden, indem diese auf die angeführte Weise gelöst und dann fortgeführt werden, in ihrem Zusammenhange verändert, was mit der Zeit ein Zerfallen zu Pulver herbeiführt.

Auf die Silikate, sowohl wasserfreie, wie wasserhaltige wirkt die Kohlensäure in der Weise ein, daß sie denselben die basischen Körper, vor allem die alkalischen Erden und Alkalien entzieht, indem sie bei gewöhnlicher Temperatur weit größere Verwandtschaft zu diesen Basen besitzt, als die Kieselsäure.

W. B. und R. E. Rogers digerirten 40 Gr. Hornblende 48 Stunden lang bei 18° mit kohlensäurehaltigem Wasser und erhielten hierdurch 0,18 Kieselsäure und 0,05 Eisen, 0,13 Kalkerde, 0,95 Magnesia und Spuren von Mangan.

Ohne noch weitere Beispiele für die Wirkung der Kohlensäure anzuführen, verweisen wir nur noch auf den von uns angestellten Versuch mit einem wasserhaltigen Silikate, p. 309.

§. 161.

c Sauerstoff.

In vielen Mineralien sind Eisenoxydul und Manganoxydul enthalten, auch sind oft in die Gesteine kohlensaure Verbindungen dieser Basen eingesprengt. Diese Basen haben nun eine große Neigung sich zu oxydiren, und so entsteht z. B. aus dem Eisenoxydul Eisenoxyd. Das Eisenoxyd-Atom nimmt aber einen größeren Raum ein, als das Eisenoxydul-Atom; es trägt somit die Oxydation dieser Basen ebenfalls nicht unwesentlich zum Zerfallen der Gesteine und zur Verwitterung der Mineralien bei.

Ferner wirkt der Sauerstoff auf manche Schwefelmetalle, von denen hier vor Allem die Schwefelverbindungen des Eisens zu

nennen sind, oxydirend ein. Magnetkies (FeS.) wird in schwefelsaures Eisenoxydul, Schwefelkies (FeS_2) in schwefelsaures Eisenoxydul und Schwefelsäure verwandelt; aus dem schwefelsauren Eisenoxydul wird dann durch weitere Einwirkung des Sauerstoffs ein 5fach basisch schwefelsaures Eisenoxyd, wobei ein Theil der Schwefelsäure frei wird. Durch die Oxydation dieser Körper wird somit einerseits durch Aenderung der Atomverhältnisse eine Störung in dem Zusammenhange der Gesteine hervorgebracht, anderseits aber übt die entstandene freie Schwefelsäure auf die Zersetzung anderer Mineralien einen wesentlichen Einfluß aus.

§. 162.

d. Kali-, Natron-, Ammoniac- und Kalksalze.

Die kohlensauren Alkalien lösen die amorphe Kieselsäure unter Bildung von kieselsaurem Alkali in der Wärme in kurzer Zeit auf, von welcher Eigenschaft derselben im Laboratorium bei der Bestimmung jener Gebrauch gemacht wird. Dasselbe erfolgt auch in der Kälte, wenngleich langsamer und in geringeren Mengen. Bei der Betrachtung der Einwirkung der Kohlensäure auf die Silikate haben wir gesehen, daß sie denselben Alkalien u. s. w. unter Bildung von kohlensauren Alkalien entzieht, und diese so gebildeten kohlensauren Alkalien wirken dann im Verein mit Wasser und Kohlensäure weiter zersetzend auf die Gesteine ein. Das Regenwasser enthält ferner stets Ammoniac als kohlensaures und salpetersaures Salz; diese Ammoniacsalze üben nun ebenfalls theils durch Auflösung von Kieselsäure theils durch Substitution der Basen einen zersetzenden Einfluß auf die Silikate aus. Dasselbe gilt von den Kalksalzen, vor Allem von dem kohlensauren Kalke.

Folgende Versuche von Dietrich zeigen den Einfluß verschiedener Salze auf Gesteine. Er nahm Basalt und übergoß 200 Grm. desselben in Glasflaschen mit 400 Ccm. Wasser, dem eins der nachstehenden Stoffe hinzugefügt war. (Bei den Salzen ist die Menge der in denselben enthaltenen Säuren untereinander äquivalent.)

1. Schwefelsaures Ammoniac	2,64	Grm.
2. Anderthalbfach kohlensaures Ammoniac	1,92	„
3. Chlorammonium	2,14	„
4. Salpetersaures Ammoniac	3,20	„
5. Salpetersaures Natron	3,40	„
6. Schwefelsaures Natron	2,84	„
7. Chlornatrium	2,34	„
8. Kohlensaures Natron	2,12	„
9. Salpetersaure Kalkerde	3,28	„

10. Chlorcalcium . . . . 2,22 Grm.
11. Schwefelsaure Kalkerde . . . . 2,72 „
12. Kalkerdehydrat . . . . 4,50 „
13. Zweifach kohlensaures Natron . . . . 3,00 „
14. Reines Wasser . . . . — „

Die Stoffe blieben 3 Jahre lang mit dem Basalte in Berührung, worauf die Untersuchung der Flüssigkeiten stattfand; diese wurden zunächst durch Filtration von dem Basalte getrennt, dann der Rückstand mit 50 Ccm. Wasser übergossen und filtrirt, und darauf, da einige von den Säuren der angewandten Salze mit der Kalkerde und Magnesia schwer oder unlösliche Verbindungen bilden, der Rückstand noch mit je 100 Ccm. schwachsäuerlichem Wasser (99 Wasser und 1 Salzsäure) ausgezogen.

Von 1,000,000 Theilen wurden durch die betreffenden Lösungen die auf der nächstfolgenden Tabelle zusammengestellten Stoffe gelöst:

durch		Kali	Natron	Magnesia	Kalkerde	Kieselsäure	Summa, überhaupt:	der Mineralstoffe nach Abzug der SiO_3
Wasser	Reines Wasser	unbestimmbare Menge		59,0	108,0	40,0	207,0	
	Säurehaltiges „			92,5	243,0	50,0	385,5	
	Summa	-	—	151,5	351,0	90,0	592,5	502,5
NH_4OSO_3	Reines HO.	116,5	214,0	169,0	885,0	105,0	1489,5	
	Säureh. HO.	—	—	43,0	582,0	400,0	1025,0	
	Summa	116,5	214,0	212,0	1467,0	505,0	2514,5	2009,5
$2NH_43CO_3$	Reines HO.	145,0	320,0	156,0	122,0	130,0	873,0	
	Säureh. HO.	—	—	130,0	2110,0	40,0	2280,0	
	Summa	146,0	320,0	286,0	2232,0	170,0	3153,0	2993,0
NH_4Cl	Summa	266,0	400,0	394,0	1859,0	220,0	3139,0	2919,0
NH_4ONO_5	Summa	135,0	195,0	495,0	2696,0	520,0	4041,0	3521,0
$NaOSO_3$	Reines HO.	—	—	140,0	294,0	45,0	479,0	
	Säureh. HO.	—	—	95,0	110,0	55,0	260,0	
	Summa	-	—	235,0	404,0	100,0	739,0	639,0
$NaOCO_2$	Reines HO.	55,0	—	55,0	65,0	560,0	735,0	
	Säureh. HO.	—	—	255,0	910,0	235,0	1400,0	
	Summa	55,0	—	310,0	975,0	795,0	2135,0	1340,0
$NaCl$	Summa	96,0	—	268,0	621,0	150,0	1135,0	985,0
$NaONO_5$	Summa	66,0	—	173,0	316,0	150,0	705,0	555,0
$CaOSO_3$	Reines HO.	70,0	190,0	145,0	—	101,0	506,0	405
	Säureh. HO.	Die Lösung ging verloren.						
$CaONO_5$	Summa	47,0	182,0	365,0	—	120,0	714,0	594,0
$CaCl$	Summa	82,0	211,0	413,0	—	131,0	837,0	706,0
$CaOHO$	Summa	75,0	310,0	—	—	—	—	385,0

§. 163.

B. Die Verwitterung selbst.

Nachdem wir jetzt den Antheil kennen gelernt, den die einzelnen Factoren der Verwitterung auf das Zerfallen und die Zersetzung der Gesteine und Mineralien ausüben, haben wir jetzt ferner die Veränderung in's Auge zu fassen, welche mit den Mineralien unter dem Einflusse aller dieser Factoren vor sich gehen. Die Verwitterung der Mineralien findet, wie vorhin gezeigt worden ist, nicht auf dieselbe Art statt, sondern ist eine verschiedene je nach der Zusammensetzung und der Beschaffenheit der einzelnen Mineralien.

a. Verwitterung der Feldspäthe.

Für die Bildung der Ackererden sind die Feldspäthe die wichtigsten Mineralien, weshalb eine specielle Betrachtung der Verwitterung derselben hier am Orte ist. Im vorigen Kapitel sind die einzelnen Feldspäthe und die Verschiedenheit in ihrer Zusammensetzung hervorgehoben worden. Nehmen wir zunächst als Repräsentanten für die Darlegung der Zersetzung der Feldspäthe den Orthoklas. Dieser ist nach der Formel $KO\,SiO_3 + Al_2\,O_3\,3\,SiO_3$ zusammengesetzt. Enthält der Feldspath kein Eisenoxydul, so sind die Hauptfactoren der Zersetzung nur Wasser und Kohlensäure, im andern Falle tritt als dritter noch der Sauerstoff hinzu. Da der Gehalt an Eisenoxydul resp. Manganoxydul jedoch hier immer nur ein geringer ist, so können wir von diesem zunächst absehen und den Feldspath unter dem Einflusse der beiden ersten Factoren näher betrachten.

Wie wir schon früher erwähnt haben, ist eine Zergliederung des Einflusses beider nicht gut möglich, sondern wir müssen diese beiden unter Gemeinschaft auf den Feldspath influirend denken. Der Orthoklas zerfällt nun bei der Einwirkung von Wasser und Kohlensäure allmählig in der Weise, daß die sämmtliche Thonerde sich mit einem Theil der Kieselsäure verbindet (Kaolin, Thon), während der andere Theil der Kieselsäure theils für sich ausgeschieden, theils mit dem Kali vereinigt weggeführt wird. Denken wir uns den Proceß der Verwitterung vollständig beendigt, und legen wir dem Orthoklas die der Formel entsprechende Zusammensetzung zu Grunde, so repräsentiren die folgenden Zahlen die Art des Zerfallens des Orthoklas.

	Feldspath	Kaolin	Verschwunden oder hinzugetreten
Thonerde	18,1	18,1	0
Kieselsäure	65,2	21,7	— 43,5
Kali	16,7	—	— 16,7
Wasser	—	6,3	+ 6,3
	100,0	46,1	66,5

Von 100 Theilen Orthoklas werden also 46,1 in Kaolin verwandelt, während 43,5 Kieselsäure und 16,7 Kali weggeführt werden.

Nach Forchhammer spalten sich daher 3 Atome Feldspath in 3 Atome Kaolin und Kalisilicat; wie folgt:

3 At. Feldspath =	3 At. Kali,	3 At. Thonerde u.	12 At. Kieselsäure.
3 At. Kaolin. =		3 At. Thonerde u.	4 At. Kieselsäure.
Kalisicat. =	3 At. Kali,	3 At. Thonerde u.	8 At Kieselsäure.
	3 At. Kali,	3 At. Thonerde u.	12 At. Kieselsäure.

Das Kalisilikat nach der Formel $3\,KO\,8\,SiO_3$ würde nun nach Forchhammer durch Wasser fortgeführt, während Kaolin nach der Formel $3\,Al_2\,O_3\,4\,SiO_3 + 6\,HO$ zurückbleibt.

Die von Forchhammer für den Kaolin aufgestellte Formel ist von mehreren Seiten angegriffen worden. Nach Brongiart und Malaguti enthält der Thon noch durch Kali ausziehbare Kieselsäure, was diese veranlaßt für den Kaolin die Formel $Al_2\,O_3\,Si\,O_3 + 2HO$ aufzustellen. Fournet unterscheidet dagegen mehr als eine Art von Kaolin, so berechnet er aus einer Analyse von H. Rose die Formel $4\,Al_2O_3\,5\,Si\,O_3$. Nach ihm muß das in dem Kaolin stets vorhandene Kali nicht als kieselsaures Kali, sondern als Feldspath abgezogen werden, bei welcher Rechnung er noch für mehrere Kaoline die obige Formel erhält.

Bei einer zweiten Art von Kaolin, wobei er die in demselben gefundenen Basen ebenfalls als entsprechende Feldspathe abzieht, erhält er dann die Formel von Forchhammer.

Ohne hier weiter auf diese Streitfrage einzugehen, möge nur bemerkt werden, daß die Formel von Forchhammer $3\,Al_2O_3\,4\,Si\,O_3 + 6\,HO$ am meisten Wahrscheinlichkeit für sich hat; und daß dieselbe deshalb auch hier für den Kaolin angenommen wird.

In Betreff des Vorkommens von freier in Alkalien löslicher Kieselsäure in dem Kaolin, ist hervorzuheben, daß man beim Abschlämmen auch durch den bis jetzt besten Apparat von Nöbel nicht allen feinen Sand vom Thon zu trennen im Stande ist und daß, da bei der Zersetzung der Feldspathe stets Kieselsäure als solche ausgeschieden wird, sicherlich die gefundene freie Kieselsäure auf Rechnung dieser zu setzen ist.

Der Kaolin hat hiernach folgende Zusammensetzung:

Kieselsäure	47,028
Thonerde	39,233
Wasser	13,739
	100,000

Der Kaolin ist aber nie frei von Kali, sondern enthält stets etwas von dieser Basis, deren Menge bis auf 2,5 % steigen kann. Ferner hat uns die Analyse des Orthoklas gezeigt, daß die Zusammensetzung nie der obigen Formel ganz entspricht, daß ein Theil des Kali stets durch andere Basen von der Zusammensetzung RO vertreten ist. Hieraus folgt, daß die Zersetzung des Orthoklas nie der obigen Betrachtung vollständig entsprechen wird; sie dient aber dazu, uns ein Bild von der Art des Zerfallens desselben zu geben.

Hervorgehoben muß ferner noch werden, daß in der Natur dieser Proceß nicht in der Einfachheit vor sich geht, wie die theoretische Betrachtung darthut, daß nämlich das Kalisilikat nicht einfach durch Wasser weggeführt wird, während der unlösliche Kaolin zurückbleibt.

Auf den Feldspath wirken vor allem Wasser und Kohlensäure ein, dadurch wird zunächst ersteres aufgenommen und durch letztere Kali als kohlensaures Kali extrahirt, wodurch ein an Kieselsäure reicheres Silikat zurückbleibt; das kohlensaure Kali wird dann zum Theil fortgeführt, zum Theil kann es aber wieder auf den in Zersetzung begriffenen Feldspath einwirken und diesem Kieselsäure entziehen, das so gebildete kieselsaure Kali hat jedoch wenigstens nicht immer die Zusammensetzung, welche die theoretische Betrachung demselben zuschreibt.

Wir kennen mehrfache Verbindungen zwischen Kieselsäure und den Alkalien. Forchhammer stellte 6 Verbindungen zwischen beiden dar, bei denen bei der einen auf 8 Atome Kieselsäure 3 Atome Kali (Kali-Wasserglas) kommen; hier beträgt der Sauerstoff der Kieselsäure das 8fache von dem des Kali; ferner solche, bei denen der Sauerstoff der Kieselsäure das 2-, 4-, 8-, 16-, 36- und 48fache von dem des Kali betrug. Nach Forchhammer sind die Verbindungen, wo der Sauerstoff der Säure mehr als das 8fache von dem der Basis beträgt, unlöslich, was aber nicht im absoluten Sinn gelten kann.

Es werden also bei der Feldspath-Verwitterung verschieden zusammengesetzte Kalisilikate entstehen und von den Gewässern fortgeführt werden. Auf die entstandenen Kalisilikate wirkt nun abermals Kohlensäure ein, entzieht denselben Kali und scheidet so allmählich Kieselsäure aus, welche vielfach nicht ganz rein ist, sondern noch etwas Kali enthält und welche wenigstens zum Theil

bei dem Kaolin verbleibt. Enthält ein Feldspath Kalkerde, so wird die Kohlensäure zunächst unter Bildung von doppelt kohlensaurem Kalk diese auflösen, da die Verwandtschaft derselben zur Kohlensäure größer als die zum Alkali ist; hierdurch bleibt dann ein kieselsäurereicheres Alkalisilikat zurück. Die Zersetzung aller Kalkerde enthaltenden Feldspäthe geht schneller von statten als wenn diese Basis fehlt.

Natron führende Feldspäthe werden ebenfalls schneller zersetzt, da das Natron durch Kohlensäure leichter ausgezogen wird, als das Kali.

Wenn endlich Eisenoxydul noch zu den Bestandtheilen des Feldspaths gehört, so tritt zu den beiden sonst vor allem wirksamen Zersetzungs-Factoren, der Kohlensäure und dem Wasser, noch der atmosphärische Sauerstoff hinzu, welcher das Oxydul in Oxyd überführt und dadurch die Zersetzung beschleunigt.

Wir haben bis jetzt vorherrschend den Orthoklas im Auge gehabt. Durch das, was in Betreff des Gehaltes desselben an Kalkerde, Natron und Eisenoxydul gesagt wurde, ist aber auch zugleich die Zersetzung der Natron- und Kalkfeldspäthe (des Albits, Oligoklas, Labradors, Andesins) mit besprochen worden. Ihre Zersetzung ist der des Orthoklas ganz analog, sie geht aber um so schneller vor sich, je mehr Natron und Kalkerde in ihnen enthalten ist.

Die folgenden Analysen mögen noch weiter zur Erläuterung der Zersetzung der Feldspathe, wie sie in der Natur vor sich geht, dienen.

Crasso untersuchte verwitterte Feldspathkrystalle aus dem Granit von Carlsbad. Nehmen wir an, um seine Analyse mit der des Feldspaths vergleichen zu können, daß der Thonerdegehalt in dem zersetzten Feldspath noch derselbe sei, wie in dem ursprünglichen und reduziren wir hiernach die Analyse von Crasso, so erhalten wir:

	Orthoklas	Zersetzter Orthoklas	Fortgeführt
Kieselsäure	65,21	32,50 (2 At.)	32,71 (8 At.)
Thonerde	18,13	18,13 (1 At.)	0
Kali	16,66	2,80	13,86 (3 At.)
Natron	—	0,25	—
Kalk	—	0,35	—
Magnesia	—	0,27	—
Eisenoxyd	—	0,73	—
Wasser	—	5,11	—
	—	60,14	46,57

Ferner untersuchte Crasso verwitterte und zersetzte Feldspathkrystalle aus dem Syenit von Geising bei Altenberg und fand:

Kieselsäure	70,789
Thonerde	17,090
Kali	5,864
Natron	0,383
Magnesia	0,653
Eisenoxyd	1,156
Manganoxydul	0,351
Wasser	3,670
	99,956

Brongiart und Malaguti untersuchten einen Feldspath von Ceylon in verschiedenen Graden der Verwitterung, und zwar a. brüchig, aber noch durchscheinend und krystallisirt, b. in höherem Grade zerreiblich und milchweiß, und c. ganz verwittert und in eine weiße, erdige, mit Quarz gemengte Masse verändert:

	a.	b.	c.
Kieselsäuce	64,00	67,10	9,60
Thonerde	19,43	17,83	19,30
Kali	14,81	13,50 }	1,32
Kalkerde	0,42	0,50 }	
Magnesia	0,20	Spur	—
Wasser und Verlust	1,14	1,07	12,03
Rückstand	—	—	56,79

Die Feldspäthe zersetzen sich übrigens nicht ausschließlich nur in der eben beschriebenen Weise, sondern erleiden auch Veränderung in der Art, daß sie in andere Mineralien verwandelt werden. So kann nach Feldspath Glimmer, Talk, Speckstein, Chlorit u. s. w. entstehen.

§. 164.

b. Verwitterung der Glimmerarten.

Die Glimmer verwittern außerordentlich schwer, weshalb auch bis jetzt über die Art der Verwitterung wenig bekannt ist. In der Zusammensetzung der Glimmer ist diese schwere Zersetzbarkeit allein nicht zu suchen; sie muß um so mehr überraschen als der Glimmer bei seiner großen Spaltbarkeit leicht in kleine Blättchen zerfällt und so der Verwitterung eine größere Oberfläche und zahlreichere Angriffspuncte darbietet. Die leichte Spaltbarkeit des Glimmers ist für den Zerfall der Gesteine, in dem er vorkommt, außerordentlich günstig. Die Eisenoxydul enthaltenden Glimmer machen hiervon keine Ausnahme; durch Uebergang des Oxyduls in Oxyd verändert der Glimmer nur seine Farbe, nicht aber seine übrigen Eigenschaften.

Wegen dieser schweren Zersetzungsfähigkeit des Glimmers finden wir denselben auch so vielfach noch gar nicht oder wenig verändert in unseren Ackererden.

Metamorphosen unterliegt der Glimmer ebenfalls vielfach.

§. 165.

c. Verwitterung der Hornblende und des Augits.

Die Hornblenden sind sehr verschiedenartig zusammengesetzt. Die eisenreichen Hornblenden werden schon durch Salzsäure theilweise zersetzt; die hieran ärmeren jedoch nur wenig verändert. Die Verwitterung der eisenreichen Hornblenden beginnt mit Umwandlung des Eisenoxyduls in Oxyd; beim gänzlichen Zerfallen entsteht eine rothbraune Erde. Nach der Oxydation des Eisenoxyduls werden die andern Basen (Magnesia, Natron, Kalkerde) durch die Kohlensäure gelöst und theilweise fortgeführt. Die thonerdehaltigen Hornblenden liefern bei der Zersetzung Thon. Die an Eisen armen Hornblendearten verwittern sehr schwer, daher finden wir dieselbe vielfach noch unter den Mineraltrümmern der Ackererden.

Die Verwitterung der Augite geht ähnlich, wie die der Hornblenden vor sich; auch sie werden schon durch Säuren angegriffen, aber wesentlich schwieriger als die Hornblenden. Was jedoch starke Säuren in kurzer Zeit bewirken, vermag die schwache Kohlensäure in langer Zeit. Das Eisenoxydul wird hierbei ebenfalls zu Oxyd oxydirt und dann werden allmählig die andern Basen in Carbonate verwandelt, mit Hülfe weiterer Kohlensäure gelöst und theilweise fortgeführt. Von den Augiten können natürlich auch nur die thonerdehaltigen bei der Zersetzung Thon liefern. Die Verwitterung der Augite ist im Allgemeinen noch eine viel langsamere als die der Hornblenden.

Metamorphosen der Hornblenden und Augite finden sich vielfach.

§. 166.

d. Schlußbemerkung.

Es ist hiermit das Wesentliche über die Verwitterung einiger der verbreitetsten Mineralien angeführt worden. Wir ersehen daraus, daß durch die Verwitterung alle die Stoffe, welche die Pflanze zu ihrer Ernährung bedarf, gewonnen werden. Die Feldspäthe liefern: Kali, Natron, Kalkerde, Magnesia, Eisen, Mangan und Kieselsäure. Durch die Wirkung der Kohlensäure, des Wassers und der Luft

auf die Carbonate, schwefelsauren Salze und Schwefelmetalle werden noch mehr Kalkerde, Magnesia, wie auch Schwefelsäure gelöst und der Ackererde zugeführt. Chlornatrium, ein sehr verbreiteter Körper, ist in Wasser leicht löslich. Was endlich die Phosphorsäure anbetrifft, so haben wir gesehen, daß auch sie zu den allgemein verbreiteten Körpern gehört, wenn auch ihr Vorkommen im Allgemeinen kein großes ist. Da sie nun in den Gesteinen als Apatit 2c. enthalten ist, so wird sie auch durch Kohlensäure und Wasser beim Zerfallen der Gesteine mit gelöst und so den übrigen Stoffen zugesellt.

Kapitel III.

Der Boden.

§. 167.

Allgemeines.

Der Boden ist durch die Verwitterung der Mineralien entstanden. Je nachdem er nun an der Stelle, wo er durch die Verwitterung gebildet, geblieben oder fortgeschwemmt und so an andern Orten durch Anschwemmung entstanden ist, theilt man die Böden zunächst in Primitivböden und Schwemmlandsböden. Der erstere besteht aus den Verwitterungs-Producten des Gesteins, auf dem er sich vorfindet, während der andere aus verschiedenen Gesteinen entstanden und entfernt von seiner Bildungsstätte vorkommt. Er ist daher in der Regel auch fruchtbarer als jener. Wir haben hier nur diese beiden in ihrer Entstehungsart verschiedenen Böden erwähnen wollen, es kann aber nicht unsere Aufgabe sein, die Klassification der Bodenarten, welche Gegenstand der Bodenkunde ist, näher in's Auge zu fassen, sondern wir haben uns hier mit der Ackerkrume nur im Allgemeinen bekannt zu machen.

Die Bestandtheile des Bodens.

Die Ackerkrume eines Culturbodens besteht aus organischen und unorganischen Bestandtheilen. Die organischen Bestandtheile — der Humus — sind bei Besprechung des Kohlenstoffs näher erwähnt worden.

Die unorganischen Bestandtheile sind:

Thon,	Magnesia,
Sand,	Kali,
Kalk,	Natron,

Thonerde,	Kieselsäure,
Eisenoxyd,	Schwefelsäure,
Manganoxydul,	Phosphorsäure,
Mineraltrümmer,	Chlor.

§. 168.

A. Die für die physikalischen Eigenschaften des Bodens wichtigsten Bestandtheile desselben.

Von den soeben aufgeführten Körpern sind mit dem Humus der Thon, Sand und Kalk, und unter Umständen noch die Magnesia diejenigen, welche die Haupteigenthümlichkeiten eines Bodens bestimmen, daher ist das Mengenverhältniß dieser 4 Körper auch zur Klassification der Bodenarten in einer Richtung benutzt worden. Aus diesem Grunde haben wir uns hier zunächst auch mit den Eigenschaften dieser Körper bekannt zu machen. Vom Humus gilt das früher Gesagte.

a. Der Thon.

Die Zusammensetzung des Thones ist bereits angegeben worden, sowie daß der Thon nicht reine kieselsaure Thonerde ist, sondern daß er immer noch Verwitterungs-Producte der Mineralien enthält, aus denen er entstanden ist, vorherrschend Kali und Kieselsäure.

Für die Ackerkrume ist vor Allem das Verhalten des Thones gegen Wasser von Wichtigkeit.

Der Thon besteht aus äußerst kleinen, gleichartig geformten Theilchen, welche sowohl zum Wasser als gegen einander große Verwandtschaft haben. Befeuchtet man Thon mit Wasser, so wird durch letzteres jedes einzelne Thon-Theilchen von allen Seiten benetzt, was eine Volumen-Vermehrung zur Folge hat: es sind also nicht nur die leeren Räume zwischen den Thontheilchen mit Wasser ausgefüllt, sondern auch dieselben von einander getrennt. In diesem Falle muß natürlich die Wassermenge der wasserfassenden Kraft des Thons entsprechen. Beträgt sie mehr, so erhält man einen homogenen Brei, der mit noch mehr Wasser in Berührung eine trübe Flüssigkeit giebt, in der der Thon lange Zeit suspendirt bleibt; genügt aber die zum Thone gebrachte Wassermenge der wasserfassenden Kraft des Thones nicht, macht sie nur $^2/_3$—$^1/_2$ derselben aus, so entsteht eine Masse von großer Plasticität und Zähigkeit, welche Eigenschaft der Thon aber bei noch mehr vermin=

dertem Wasser wieder verliert. Je mehr der Thon austrocknet, je geringer also sein Wassergehalt wird, um so mehr nimmt seine Festigkeit zu. Die nassen Thontheilchen besitzen ferner eine große Cohäsion aneinander, so wie auch Adhäsion zu andern Körpern, was wir beim Umrühren feuchten Thones mit einem Holzstück durch die Schwierigkeit der Bewegung des letztern in dem Thone und durch das Anhaften jenes an diesem wahrnehmen. Diese Eigenschaft macht die Bearbeitung eines feuchten Thonbodens so außerordentlich schwierig. Die Bearbeitung ist aber um so leichter, je geringer die Adhäsion des Thones gegen den festen Körper ist, z. B. bei einer glatten Metallplatte.

Trocknet feuchter Thon, so schwindet sein Volumen wieder, was bei der Ackerkrume durch Entstehung von Rissen, bei kleinen Thonmassen und ungleichmäßiger Befeuchtung durch Zerfallen derselben wahrgenommen werden kann.

Mit Wasser vollständig imprägnirter Thon trocknet sehr schwer aus, da ein Eindringen von Luft in den Thon unmöglich ist, und so das Wasser nur von der Oberfläche verdunsten kann. Je größer die Oberfläche des zu trocknenden Thones ist, um so schneller erfolgt natürlich auch die Austrocknung desselben.

Aus der Art, wie Wasser und Thontheilchen vereinigt sind, folgt, daß der Thon durch Gefrieren am meisten gelockert werden kann, so wie sich daraus erklärt, daß nasser Thon undurchdringbar für Wasser ist. Letzteres ist aber nur dann der Fall, wenn derselbe nicht locker ist.

Beim Thon ist ferner noch der eigenthümliche Geruch hervorzuheben, welcher sich beim Befeuchten zu erkennen giebt, seine Unlöslichkeit in Salz- und Salpetersäure, dagegen die Löslichkeit in heißer conc. Schwefelsäure und schließlich, daß er durch Verlust des chemisch gebundenen Wassers seine Eigenschaft mit Wasser eine plastische Masse zu bilden, verliert.

§. 169.

b. Sand.

Der Sand besitzt für die physikalische Eigenschaft des Bodens dieselbe Wichtigkeit, wie der Thon. Beim Sande ist aber der Grad der Feinheit von bedeutendem Einflusse; je feiner er ist, um so mehr nähert er sich in manchen Eigenschaften dem Thone, je gröber, um so ferner steht er demselben.

Der Sand theilt allerdings die wichtigsten Eigenschaften des Thones, durch Anfeuchtung sich auszudehnen, und durch Austrock-

nen zu schwinden, nicht mit demselben, kann aber in seiner wasserfassenden und wasserhaltenden Kraft demselben um so näher kommen, je feiner er ist. Er besitzt dann auch die Eigenschaft im Wasser lange suspendirt zu bleiben, weshalb bei der mechanischen Analyse auch bei dem besten Schlemm-Apparat der Thon von dem feinen Sande nicht getrennt werden kann. Das für Thon Gehaltene besteht oft noch fast zur Hälfte aus feinem Sande. Auch die Cohäsions- und Adhäsions-Kraft des feinen Sandes im feuchten Zustande nähert sich der des Thones. Alle diese Eigenschaften verringern sich aber mit Zunahme der Größe der Sandkörner, so daß sie schließlich zum Theil vollständig verschwinden.

§. 170.

c. Kalk.

Da wir hier den Kalk nur in seinen Beziehungen zu den physikalischen Eigenschaften der Ackererde zu betrachten haben, so kann auch nur von dem Kalk die Rede sein, der im Acker als kohlensaurer vorhgnden ist. Bei dem kohlensauren Kalke ist der Grad der Feinheit, in der er vorkommt, ebenfalls von großem Einflusse. Je feiner er im Boden vertheilt ist, um so günstiger ist seine Wirkung auf die Bestandtheile in jeder Hinsicht. Der kohlensaure Kalk ist in seinem Verhalten zum Wasser dem Sande gleich, auch er wird durch Aufnahme desselben in seinem Volumen weder vermehrt, noch vermindert sich dasselbe irgend wesentlich durch Austrocknen. Wegen dieser Eigenschaft kann er da, wo er in der nöthigen Menge im Boden vorhanden ist, zur Lockerung desselben und somit zu all den günstigen Wirkungen, welche diese im Gefolge hat, wesentlich beitragen.

Die wasserfassende und wasserhaltende Kraft des kohlensauren Kalkes ist etwas größer, als die des Thones, jedoch nur bei feiner Vertheilung; sein Condensations-Vermögen für Wasser dagegen geringer.

Je größer die Kalktheilchen sind, um so geringer ist ihre Wirkung auf den Boden.

§. 177.

d. Magnesia.

Bei der Magnesia als Bestandtheil kann hier auch nur von der kohlensauren die Rede sein. Die Magnesia kann zwar durch

Düngung auch als Magnesiahydrat, Chlormagnesium und schwefelsaure Magnesia zum Boden gelangen und hier dann auch auf die physikalischen Verhältnisse desselben nicht unwesentlich influiren; hier jedoch handelt es sich um die Magnesia als ursprünglichen Bestandtheil und zwar als solchen, der für die physikalischen Eigenschaften desselben von Einfluß ist. Bei der kohlensauren Magnesia muß unterschieden werden, ob sie als wasserfreie Verbindung oder als Hydrat auftritt; die wasserfreie Verbindung, wie wir sie im Magnesit und Dolomit finden, ist in ihren physikalischen Eigenschaften durchaus dem kohlensaurem Kalke gleich, so daß das von dem Gesagten, auch auf sie Anwendung findet; anders jedoch verhält es sich mit den Hydraten derselben, von denen mehrere zu unterscheiden sind. Alle Hydrate besitzen nämlich eine große wasserfassende und wasserhaltende Kraft, in welcher Eigenschaft sie alle übrigen Bestandtheile weit übertreffen. Deshalb kann ihre Bedeutung für trockne Böden eine ganz außerordentlich große sein.

Die Hydrate der kohlensauren Magnesia bilden sich sowohl bei der Verwitterung der Magnesia führenden Silikate, als bei der Auflösung der kohlensauren Magnesia durch kohlensäurehaltiges Wasser.

§. 172.

e. Die Mineraltrümmer.

Die Mineraltrümmer gesellen sich in ihrem physikalischen Verhalten dem Sande zu und werden auch sehr oft für denselben gehalten, so daß in dieser Hinsicht nichts Besonderes hervorzuheben ist. Anders ist es jedoch mit einer andern Beziehung, welche sie zum Boden haben und deren hier gleich Erwähnung gethan werden muß. Die Mineraltrümmer stellen zum Theil das Material dar, aus dem der Boden entstanden ist und sind deshalb noch weiter im Stande, Bodenbestandtheile im engeren Sinne zu liefern; deshalb sind sie für den Boden von so großer Bedeutung; sie repräsentiren den Reichthum des Bodens für die Zukunft; je mehr daher ein Boden von ihnen besitzt, um so reicher ist er und in je weitere Ferne ist der Zeitpunkt seiner Verarmung bei mangelhaftem Ersatz gerückt.

§. 173.

B. Die Pflanzennährstoffe des Bodens und die Verbindung, in der sie in demselben enthalten sind.

Wir haben jetzt diejenigen Bodenbestandtheile, welche durch ihre Menge auf den Character eines Bodens wesentlich influiren, in ihren physikalischen Eigenschaften soweit es hier erforderlich war, betrachtet, und kommen nun zu der Frage, in welchen Verbindungen die übrigen vorhergenannten Bestandtheile im Boden enthalten sind, eine Frage, welche um so wichtiger ist, als sie gerade diejenigen Stoffe betrifft, welche die eigentliche Fruchtbarkeit des Bodens bedingen. Mag ein Boden auch die eben näher bezeichneten Gemengtheile, Humus, Thon, Sand und Kalk in den günstigsten Verhältnissen enthalten, so würde er doch für das Pflanzenwachsthum unbrauchbar sein, wenn er die eigentlichen Pflanzennährstoffe nicht besäße. Wie jene so außerordentlich wichtig für die physikalischen Eigenschaften des Bodens sind und ohne geeignete Mischung derselben auch bei noch so großem Reichthum an den Pflanzennährstoffen ein Boden doch nicht zu den von dem Landwirth gewünschten gezählt werden kann, so gilt dasselbe von den eigentlichen Pflanzennährstoffen. Ein Boden ist nur dann wirklich fruchtbar, wenn seine physikalischen Eigenschaften dem Pflanzenwachsthum günstig sind, wenn er also die gehörige Lockerheit, wasserfassende und wasserhaltende Kraft, die nöthige Wärme u. s. w. besitzt, dabei aber die Pflanzennährstoffe in der nöthigen Menge und in aufnahmefähigem Zustande enthält. Die Aufgabe des Bodens ist ja die, den Pflanzen einen Halt und die Nährstoffe, welche die Luft nicht darbieten kann, zu gewähren, ersteres kann er aber nur bei den erforderlichen physikalischen Eigenschaften, letzteres bei diesen und seinem Gehalte an Pflanzennährstoffen in für die Pflanze geeigneter Form.

Da nun für die Düngung die Verbindungen, in denen die Pflanzennährstoffe im Boden enthalten, von ganz außerordentlicher Bedeutung sind, so haben wir diese zunächst kennen zu lernen. Es handelt sich hierbei um die Frage, in welchen Verbindungen wir das Kali, Natron, die Kalkerde, Magnesia, das Eisen, die Kieselsäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure und das Chlor im Boden vorfinden.

Die Beantwortung dieser Frage verdanken wir vor allem den Arbeiten, welche zur Erforschung der Ursachen des Absorptions-Vermögens des Bodens gemacht worden sind.

§. 174.

a. Die Verbindungen, in welchen die Basen im Boden vorkommen.

Aus den Absorptions-Erscheinungen geht hervor, daß die Basen im Boden in Form von wasserhaltigen Silikaten, humussauren Salzen und auch anderen Salzverbindungen enthalten sind, wobei jedoch die Mengen der letzteren, abgesehen vom Kalk und der Magnesia, die kleinsten sind.

Daß humussaure Salze im Boden vorhanden sind, bedarf bei Erwägung der Eigenschaften der Humussäuren des Beweises weiter nicht; da aber die Menge der letzteren im Boden gewöhnlich keine bedeutende ist, so kann auch durch diese nicht eine irgend wie beträchtliche Menge von Basen gebunden sein. Hieraus folgt schon, daß wir die größte Menge der Basen, abgesehen zum Theil vom Kalk und der Magnesia, uns als wasserhaltige Silikate im Boden zu denken haben. Hierfür muß aber natürlich der Beweis geliefert werden.

Soweit uns bekannt, liegt außer unserer vor 2 Jahren über diesen Gegenstand veröffentlichten Arbeit über denselben nichts Neueres vor; wir wollen deshalb das Wesentliche derselben zunächst kurz hervorheben und dann die Resultate einiger neuerer bis jetzt noch nicht veröffentlichter Arbeiten anschließen.

Der Weg, welchen wir zur Erforschung der Gegenwart der Silikate im Boden einschlugen, war folgender:

Zunächst war zu untersuchen, ob im Boden eine größere Menge löslicher Kieselsäure vorhanden sei, als bis dahin durch die Analysen angegeben war. Die früheren Untersuchungs-Methoden bestimmten nur die in der zur Lösung angewendeten Säure gelöste Kieselsäure, deren Menge sich stets als unbedeutend herausstellte, während die Menge der gelösten Basen bedeutend größer war. Dies führte zu dem sicheren Schlusse, daß das im Boden etwa vorhandene Silikat zu der Gruppe derjenigen gehören mußte, welche in Salzsäure in der Art gelöst werden, daß ihre Basen in Lösung übergehen, während die Kieselsäure unlöslich abgeschieden wird. Waren derartige Silikate im Boden, so war das in Salzsäure Unlösliche weiter auf Kieselsäure zu prüfen und zu dem Zwecke mit kohlensaurem Natron zu behandeln.

Wurde so Kieselsäure in beträchtlicher Menge nachgewiesen, so war für die Untersuchung schon viel gewonnen. Ferner mußte bestimmt werden, ob die so gefundene Kieselsäuremenge schon in

der Erde vor der Behandlung mit Salzsäure enthalten war, was entschieden gegen die Annahme, als gehöre sie einem durch die Salzsäure zerlegten Silikate an, gesprochen hätte, und schließlich war — wenn dies verneint — die Menge der Basen zu bestimmen, mit denen die Kieselsäure zu einem Silikate vereint gewesen war.

Zu diesen Untersuchungen dienten einige Erden des hiesigen Versuchsfeldes und einige andere Bodenarten, welche nach den sonst üblichen Untersuchungs-Methoden bereits von mir untersucht waren. Zunächst wurde das in Salzsäure Unlösliche auf Kieselsäure geprüft und hierbei die folgenden Mengen von Kieselsäure gefunden:

Namen der Erden:	Gefundene Kieselsäure in Procenten:
1. Ackerkrume 74 (bis zur Tiefe von 8")	2,630
2. Untergrund derselben bis zur Tiefe von 16" . .	2,024
3. Ackerkrume 68, wie oben	3,324
4. Untergrund derselben dto.	4,119
5. Ackerkrume A. dito	3,625
6. Untergrund derselben dto.	3,728
7. Mergel von Karschau bei Königsberg	6,072
8. Mergel von Großhof bei Tapiau	4,300
9. Ackererde aus Schlesien	4,732
10. Thonboden von Wehlau	7,876
11. Teichschlamm aus Waldau	7,792

Die Zahlen beweisen hinreichend das Vorkommen größerer Mengen von löslicher Kieselsäure in der Ackererde, als die bisherigen Analysen nachgewiesen haben; hierdurch ist zugleich der Beweis geliefert worden, daß die *lösliche Kieselsäure* zu denjenigen Bestandtheilen der Ackererde zu zählen ist, welche der Menge nach zu den *wesentlichen* gerechnet werden müssen. Bei der Analyse der Ackererden muß somit stets die in kohlensaurem Natron lösliche Kieselsäure bestimmt werden.

Zugleich mag hierbei noch darauf hingewiesen werden, daß, da bis jetzt auf die Kieselsäure keine Rücksicht genommen ist, bei der Bestimmung des Thones durch Schwefelsäure und kohlensaures Natron die Menge desselben stets zu hoch ausgefallen sein muß; die Bestimmung des Thones ist stets erst nach der Abscheidung der Kieselsäure vorzunehmen.

Nachdem das Vorkommen einer beträchtlichen Menge löslicher Kieselsäure in der Ackererde constatirt worden war, mußte, wie bereits angegeben, ferner untersucht werden, ob dieselbe Menge schon vor Behandlung der Erden mit Salzsäure in denselben vorhanden war, oder mit andern Worten, ob sie ganz oder zum Theil einem oder mehreren in der Ackererde vorkommenden Silikaten zuzuschreiben sei. Zu dieser Untersuchung dienten Ackerkrume und Untergrund

Nr. 74. — Bei dem Untergrunde zeigte die Behandlung der rohen Erde mit kohlensaurem Natron eine lösliche Kieselsäuremenge von 0,460 % an. Die vorher mit 1 Theile Salzsäure und 2 Theilen Wasser digerirte Erde hatte aber bei der nachfolgenden Behandlung mit kohlensaurem Natron 2,024 % lösliche Kieselsäure ergeben, woraus der sichere Schluß zu ziehen ist, daß 2,024 —0,460 = 1,564 % — in Form löslicher Silikate im Boden vorhanden gewesen sein müssen. Die rohe Ackerkrume hatte an löslicher Kieselsäure 0,340; nach der Behandlung mit der verdünnten Salzsäure betrug die Menge derselben 2,630 %, somit waren also 2,290 % Kieselsäure in Form von löslichen Silikaten im Boden enthalten.

Ferner suchte ich die Basen zu bestimmen, welche mit der Kieselsäure im Boden zu Silikaten vereinigt sind. Zu dem Zwecke war es nothwendig, die Koncentration der Salzsäure zu bestimmen, welche die im Boden enthaltenen Silikate nicht zersetzt; dann die von dieser verdünnten Säure gelösten Basen und schließlich diejenigen Mengen von Basen und Kieselsäure, welche bei der Behandlung mit konzentrirterer Salzsäure in Lösung übergehen.

Zu dieser Untersuchung dienten ebenfalls Ackerkrume und Untergrund Nr. 74.

1. Untergrund. 100 Grm. desselben wurden mit 18,5 CC. Salzsäure und 281,5 CC. H. O. (1:15) eine halbe Stunde lang digerirt, filtrirt und ausgesüßt, das Filtrat auf Eisenoxyd und Thonerde, Kalkerde und Magnesia untersucht, sowie das in Salzsäure Unlösliche mit kohlensaurem Natron behandelt und die Kieselsäure bestimmt. Da die hier gefundene Kieselsäuremenge 0,620 % betrug, also mehr als in der rohen Erde gefunden war, so war von dieser verdünnten Salzsäure schon ein Theil der Silikate in Lösung übergeführt worden. Deshalb wurden andere 100 Grm. Erde mit einer noch verdünnteren Salzsäure, nämlich 14,25 CC. Salzsäure und 285,75 CC. Wasser (1:20) eine halbe Stunde lang digerirt, und weiter, wie vorher, behandelt. Hierbei ergab sich die Menge der gelösten Kieselsäure zu 0,460 %, was zu der Annahme berechtigt, daß bei dieser Verdünnung kein Silikat zerlegt worden war; es mußten somit die hier gefundenen Mengen von Eisenoxyd, Thonerde, Kalkerde und Magnesia diejenigen sein, welche nicht in der Form von Silikat im Boden enthalten gewesen waren. Die Differenz zwischen den in der ersten Lösung gefundenen Basen und den in dieser Lösung enthaltenen mußte ferner diejenige Menge derselben angeben, welche an das Plus der vorher gegen jetzt gefundenen Kieselsäure gebunden gewesen waren.

Darauf wurden 100 Grm. dieser Erde noch mit 27,25 CC. Salzsäure und 272,75 CC. Wasser (1:10) ausgezogen, dann fernere 100 Grm. mit 50 CC. Salzsäure und 250 CC. Wasser (1:5), sowie andere 100 Grm. mit 100 CC. Salzsäure und 200 CC. Wasser (1:2) und schließlich 100 Grm. Erde mit 50 CC. Salzsäure und 400 CC. Wasser, letzteres um zu bestimmen,

ob bei der Lösung vor Allem die Menge der angewandten Salzsäure oder die Konzentration wirksam sei.

Folgende Tabelle zeigt die hierbei erhaltenen Resultate, wobei ich noch bemerke, daß die meisten Zahlen Mittelzahlen aus zwei Bestimmungen sind.

	Kieselsäure	Eisenoxyd und Thonerde	Kalkerde	Magnesia
Rohe Erde	0,460	—	—	—
Mit Salzsäure, die mit 20 Theilen Wasser verdünnt, ausgezogene Erde	0,460	1,222	0,0762	0,0868
Mit Salzsäure, die mit 15 Theilen Wasser verdünnt, ausgezogene Erde	0,620	1,542	0,1001	0,1115
Mit Salzsäure, die mit 10 Theilen Wasser verdünnt, ausgezogene Erde	1,040	1,782	0,1031	0,1411
Mit Salzsäure, die mit 8 Theilen Wasser verdünnt, ausgezogene Erde	1,440	1,974	0,1165	0,1642
Mit Salzsäure, die mit 5 Theilen Wasser verdünnt, ausgezogene Erde	1,340	1,930	0,1160	0,1584
Mit Salzsäure, die mit 2 Theilen Wasser verdünnt, ausgezogene Erde	2,024	2,998	0,1490	0,2820

Die folgende Tabelle enthält diejenigen Mengen der Basen und der Kieselsäure, welche bei der Behandlung der Erde mit $^1/_{15}$, $^1/_{10}$, $^1/_5$, $^1/_2$ $\frac{\text{Salzsäure}}{\text{Wasser}}$ mehr in Lösung getreten sind als bei der mit $^1/_{20}$. Diese Zahlen repräsentiren annehmbarer Weise diejenige Menge der Stoffe, welche zu Silikaten vereinigt gewesen sind.

	Kieselsäure	Eisenoxyd und Thonerde	Kalkerde	Magnesia
In Lösung getreten bei $^1/_{15}$ . .	0,160	0,320	0,0239	0,0351
" " " " $^1/_{10}$ . .	0,580	0,560	0,0269	0,0543
" " " " $^1/_5$ . .	0,980	0,752	0,0403	0,0774
" " " " $^1/_2$ . .	1,564	1,776	0,0728	0,1962

2. Ackerkrume 74. 100 Grm. derselben wurden zunächst ebenfalls mit 14,25 CC. Salzsäure und 285,75 CC. Wasser (1:20) eine halbe Stunde lang digerirt, filtrirt und ausgesüßt; darauf Lösung und Rückstand, wie früher, untersucht. Die in dem Rückstande gefundene lösliche Kieselsäure betrug aber 0,600 %, woraus hervorgeht, daß schon bei dieser Verdünnung von der Salzsäure ein Theil der Silikate zerlegt worden war, da die rohe Erde nur 0,340 % lösliche Kieselsäure enthielt. — Es ist

interessant, daß bei der Ackerkrume die Verdünnung der Salzsäure, welche beim Untergrunde derselben Erde ohne Wirkung auf die Silikate blieb, schon einen Theil derselben zerlegte. In der Lösung wurden an Thonerde und Eisenoxyd 1,157 %, an Kalkerde 0,0658 % und an Magnesia 0,022 % gefunden. Es mußte daher eine andere Portion der Erde mit einer verdünnteren Salzsäure digerirt werden und zwar wurden auf 100 Grm. Erde 11,5 CC. Salzsäure und 2,88,5 CC. Wasser (1:25) genommen. Jetzt fanden sich in dem Rückstande 0,344 % lösliche Kieselsäure. Da in der rohen Erde 0,340 % lösliche Kieselsäure enthalten waren und somit die Differenz zwischen beiden nur 0,004 betrug, so konnte angenommen werden, daß von dieser verdünnten Salzsäure kein Silikat gelöst worden war. Der Gehalt der Lösung an Eisenoxyd und Thonerde betrug 0,957 % an Kalkerde 0,052 und an Magnesia 0,013. Ferner wurden 100 Grm. Erde noch mit 18,5 CC. Salzsäure und 281,5 CC. Wasser (1:15) nur 100 CC. Salzsäure und 200 CC. Wasser ausgezogen.

Auf der folgenden Tabelle sind die erhaltenen Resultate zusammengestellt:

	Kieselsäure	Eisenoxyd und Thonerde	Kalkerde	Magnesia
Rohe Erde	0,340	—	—	—
Mit $^1/_{25}$ $\frac{\text{Salzsäure}}{\text{Wasser}}$ ausgez. Erde	0,344	0,957	0,052	0,013
„ $^1/_{20}$ „ „ „	0,600	1,157	0,066	0,022
„ $^1/_{15}$ „ „ „	0,763	1,308	0,071	0,056
„ $^1/_2$ „ „ „	2,630	2,941	0,161	0,201

Die folgende Tabelle zeigt diejenige Menge der Basen und der Kieselsäure, welche bei der Behandlung mit $^1/_{20}$, $^1/_{15}$ und $^1/_2$ $\frac{\text{Salzsäure}}{\text{Wasser}}$ mehr in Lösung getreten sind, als bei der mit $^1/_{25}$.

	Kieselsäure	Eisenoxyd und Thonerde	Kalkerde	Magnesia
Mehr in Lösung getreten bei $^1/_{20}$	0,260	0,200	0,014	0,009
„ „ „ „ „ $^1/_{15}$	0,423	0,351	0,019	0,043
„ „ „ „ „ $^1/_2$	2,296	1,984	0,109	0,188

Zu einer neueren Untersuchung diente eine andere Ackererde von demselben Versuchsfelde; hierbei wurden aber nicht nur das Eisenoxyd, die Thonerde, Kalkerde und Magnesia, sondern auch noch die Alkalien bestimmt. Die rohe Erde enthielt an löslicher Kieselsäure 0,710 %; daher mußte auch hier die Erde zunächst mit einer so verdünnten Salzsäure ausgezogen werden, daß die Menge der löslichen Kieselsäure nicht mehr, als 0,710 % betrug, hier zeigte sich als die geeignete Verdünnung die von 1 Salzsäure auf 30 Wasser; die Erde wurde dann ferner noch mit $^1/_{25}$, $^1/_{20}$ und mit $^1/_{10}$ $\frac{\text{Salzsäure}}{\text{Wasser}}$ extrahirt.

Die folgende Tabelle zeigt die hierbei gewonnenen Resultate; die meisten Zahlen sind Mittelzahlen von 2 Bestimmungen.

	In der Salzsäure lösl. Kieselsäure	darin unlösliche Kieselsäure	Summa der lösl. Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxyd	Kalkerde	Magnesia	Kali	Natron	Phosphorsäure
Rohe Erde . . .	—	—	0,710	—	—	—	—	—	—	—
Mit $^1/_{30}$ $\frac{\text{Salzsäure}}{\text{Wasser}}$ extrahirte Erde	0,141	0,575	0,716	0,274	0,332	0,094	0,022	0,075	0,005	0,051
Mit $^1/_{25}$ $\frac{\text{Salzsäure}}{\text{Wasser}}$ extrahirte Erde	0,200	0,651	0,851	0,377?	0,482	0,102	0,020	0,077	0,024	0,052
Mit $^1/_{20}$ $\frac{\text{Salzsäure}}{\text{Wasser}}$ extrahirte Erde	0,260	0,767	1,027	0,332	0,558	0,199	0,016	0,107	0,032	0,070
Mit $^1/_{10}$ $\frac{\text{Salzsäure}}{\text{Wasser}}$ extrahirte Erde	0,255	1,095	1,350	0,629	0,884	0,216	0,027	0,114	0,037	0,079

Die folgende Tabelle giebt diejenige Menge der Basen und der Säuren an, welche bei der Behandlung mit $^1/_{25}$, $^1/_{20}$, und $^1/_{10}$ $\frac{\text{Salzsäure}}{\text{Wasser}}$ mehr in Lösung getreten sind, als bei der mit $^1/_{30}$.

	In der Salzsäure lösl. Kieselsäure	darin unlösliche Kieselsäure	Summa der lösl. Kieselsäure	Thonerde	Eisenoxyd	Kalkerde	Magnesia	Kali	Natron	Phosphorsäure
In Lösung getreten bei $^1/_{25}$ . .	0,059	0,084	0,143	0,103?	0,150	0,008	?	0,002	0,019	0,001
In Lösung getreten bei $^1/_{20}$ . .	0,119	0,192	0,311	0,058	0,226	0,105	?	0,032	0,027	0,019
In Lösung getreten bei $^1/_{10}$ . .	0,214	0,520	0,734	0,355	0,552	0,122	0,005	0,039	0,032	0 028

Die Resultate zeigen, daß in der Ackererde in verdünnter Salzsäure lösliche, also wasserhaltige Silikate vorhanden sind.

Eine Formel für die Zusammensetzung derselben hier aufzustellen, unterlasse ich, da aus der Analyse hervorgeht, daß man nicht ein, sondern mehrere verschieden zusammengesetzte Silikate als im Boden enthalten annehmen muß. Die allgemeine Formel für dieselbe würde sein: $n\,SiO_3\ m\,R_2O_3 + o\,SiO_3\ p\,RO + q\ HO$. In dieser Formel stellt $n\,SiO_3\,m\,R_2O_3$ den mehr constanten, dagegen $o\,SiO_3\,p\,RO$ den mehr veränderlichen Theil dar.

Diese Untersuchungen bestätigen die von Mulder in seiner Chemie der Ackerkrume ausgesprochenen Ansicht von der Anwesen=

heit von wasserhaltigen Silicaten, — zeolithartigen Mineralien — im Boden.

Die Bedeutung dieser Zeolithe, wenn ich sie kurz so nennen darf, hat das Kapitel über die Ursache der Absorption erläutert, so daß, in dieser Beziehung nur auf das da Gesagte verwiesen zu werden braucht.

§. 175.

b. Die Verbindungen der Phosphorsäure im Boden.

Was die Verbindungen, in denen die Phosphorsäure im Boden vorkommt anbetrifft, so hat das Absorptions-Vermögen des Bodens für diese Säure gezeigt, daß sie in demselben vor allem an Eisenoxyd und Thonerde gebunden und als phosphorsaure Ammoniac-Magnesia enthalten ist. Die eben besprochenen Untersuchungen über die Zeolithe des Bodens haben nun dargethan, daß im Boden stets noch eine zur Bindung der Phosphorsäure genügende Menge von Eisenoxyd und Thonerde enthalten ist, ja daß, wenn auch die sämmtliche Phosphorsäure als an diese beiden Basen gebunden, angenommen wird, auch immer noch ein nicht unbedeutender Theil derselben als Hydrate im Boden enthalten sein können.

c. Die Verbindungen der Schwefelsäure und des Chlors.

Wenn wir schließlich untersuchen, in welchen Verbindungen wir die Schwefelsäure und das Chlor uns im Boden zu denken haben, so ist zunächst schon vorher bemerkt, daß geringe Menge derselben, mit den einzelnen Basen als entsprechende Salze im Boden enthalten sind, was aus den Gesetzen des Absorptions-Vermögen des Bodens ohne Weiteres gefolgert werden kann. Die größte Menge der Schwefelsäure werden wir indeß im Boden wohl als unlösliche basische Eisenoxyd- und schwerlösliche Kalkerde-Verbindung anzusprechen haben. Der Chlor wird dagegen wohl vorherrschend als Chlornatrium im Boden enthalten sein.

§. 176.

Wenn wir so versucht haben, die Verbindungen, in denen die Pflanzennährstoffe im Boden vorkommen, kurz zu kennzeichnen, was

für die Düngung von großer Wichtigkeit ist, so muß noch darauf hingewiesen werden, daß im Boden nur mit Ausnahme der Zeit, wo die Winterkälte denselben durchdringt und alles erstarren läßt, keine Ruhe herrscht, daß aber in der ganzen übrigen Zeit stets Bewegung in demselben stattfindet, welche in Umsetzung der bestehenden und Bildung neuer Verbindungen besteht. Wenn der Landwirth von der Brache sagt, daß der Boden während derselben ruht, so ist dies in seinem Sinne wohl richtig, insofern als er den Chemismus des Bodens nicht durch die Cultur anregt, dieser selbst ist aber fortwährend in Thätigkeit und ruht absolut, wie gesagt nie, selbst nicht während des Winters.

§. 177.

C. Die chemische Analyse des Bodens.

In Betreff des Bildes, welches wir durch die chemische Analyse vom Boden erhalten, sei hier noch Folgendes erwähnt.

Der wässerige Auszug aus einem Boden zeigt diejenigen Stoffe, welche derselbe in löslicher Form enthält und welche also dem Pflanzenwachsthum zur Zeit zur Disposition stehen. Da aber die Verbindungen, in welchen die Pflanzennährstoffe im Boden enthalten sind, alle nicht absolut unlöslich, sondern nur schwerlöslich sind, so kann auch ein Boden nie durch Wasser vollständig erschöpft werden, sondern neue Mengen von Wasser werden auch stets neue Mengen von Pflanzennährstoffen lösen. Ich verweise in Betreff dieses Ausspruches auf meine Untersuchungen, welche p. 45 mitgetheilt sind.

Der wässerige Auszug enthält alle Stoffe, welche die Pflanzen zu ihrer Ernährung bedürfen, wie dies die folgenden Zahlen darthun.

100 Grm. Ackererde (dieselbe Erde, welche zu den vorher zuletzt beschriebenen Untersuchungen über die Silikate des Bodens diente), wurde mit 230 CC. Wasser eine Woche lang in Berührung gelassen, dann das Lösliche abfiltrirt und auf die Basen und die Kieselsäure untersucht; in derselben wurden gefunden:

Kieselsäure	0,0220	Grm.
Kalkerde	0,0116	"
Magnesia	0,0042	"
Kali	0,0112	"
Natron	0,0056	"

Auf Phosphorsäure war dieser Auszug nicht geprüft worden; daß aber auch diese stets im wässerigen Auszuge der Ackererde vorhanden ist, ergiebt sich aus folgenden Daten:

1250 Grm. Ackererde wurden im Trichter nach und nach mit so viel Wasser übergossen, daß das Filtrat = 2500 Ccm. war; hierbei wurde an Phosphorsäure gefunden:

bei Ackererde A, welche in con. Salzsäure	0,137 %	PO_5	enthielt,	0,0057 %
„ Untergrnnd A, welcher in con. „	0,147 „	„	„	0,0026 „
„ Ackererde B, welche in con. „	0,165 „	„	„	0,0053 „
„ Untergrund B, welcher in con. „	0,153 „	„	„	0,0019 „

Der salzsaure Auszug im Verein mit der durch Behandlung des Unlöslichen mit kohlensaurem Natron erhaltenen Kieselsäure repräsentirt dagegen, je nach der Stärke der angewendeten Säure, die Pflanzennährstoffe, welche theilweise während der jeweiligen Cultur den Pflanzen zu Gebote stehen, theilweise diejenigen, welche der Boden in der nächsten Zeit für dieselbe disponibel hat.

Das in Salzsäure und kohlensaurem Natron Unlösliche, bestehend aus Thon, Sand und den Mineraltrümmern, zeigt uns dagegen den Reichthum resp. die Armuth eines Bodens für die Zukunft.

Hervorgehobeu muß hier ferner noch werden, daß die chemische Analyse eines Bodens immer nur einen beschränkten Nutzen gewährt und nie die Anwendung finden darf, wie es theilweise vielfach gesehen ist. Die erste Schwierigkeit, welche bei der Untersuchung der Ackererden uns entgegentritt, ist die, daß wir unmöglich durch die von der Ackerfläche entnommene Probe ein wahres Bild vom Boden erhalten können. Da nun die Analyse nur die Probe repräsentiren kann, so folgt daraus, daß sie auch nie ein wahres Bild vom Boden zu geben im Stande ist.

Ist die chemische Analyse mit der mechanischen in der Prüfung auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens verbunden, wird diese Untersuchung ferner auf eine Anzahl von Proben eines Feldes ausgedehnt, so steigt natürlich der Nutzen, den eine solche Untersuchung gewährt, wesentlich. Daß aber eine derartige Untersuchung bedeutende Zeit in Anspruch nimmt, braucht wohl kaum erwähnt zu werden; ob nun der Nutzen immer mit der aufgewendeten Zeit im Verhältniß steht, wage ich nicht zu entscheiden; bezweifle es aber.

Hiermit soll jedoch durchaus nicht gesagt werden, daß die chemische Analyse des Bodens entbehrlich sei, es soll nur vor zu weitgehenden Folgerungen aus derselben gewarnt werden. Wollte man z. B. aus der Zusammensetzung eines Feldes, dessen Fruchtbarkeit bekannt ist, durch Vergleichung derselben mit der eines andern auf die Fruchtbarkeit resp. Unfruchtbarkeit dieses schließen, so würde man gewiß zu Trugschlüssen gelangen.

Die chemische Analyse kann aber über das Fehlen eines noth-

wendigen Nährstoffes, resp. das Vorhandensein eines schädlichen Aufschluß geben und uns deshalb veranlassen, den fehlenden zuzuführen und den schädlichen zu entfernen. Zeigt z. B. die Analyse, daß der Boden keine Phosphorsäure, oder nur Spuren derselben enthält, so wird uns dieses veranlassen, dieselbe dem Boden zuzuführen; erfährt man ferner durch dieselbe, daß im Boden Eisenoxydul vorhanden ist, so giebt dies Veranlassung, durch entsprechende mechanische Bodenbearbeitung, durch Zuführung von Kalk u. s. w. diesem Uebelstande abzuhelfen.

Boden-Analysen sind daher hier nicht weiter angeführt, sondern es wird in Betreff derselben auf das im Kapitel über die Absorption Gegebene verwiesen.

§. 178.

D. Die physikalischen Eigenschaften der Ackererden.

Auf die hohe Bedeutung der physikalischen Eigenschaften eines Bodens für die Cultur und daher auch für die Düngung kann nicht genugsam hingewiesen werden. Durch die Düngung sollen wir nicht allein dem Boden die ihm durch die Ernte entzogenen Pflanzennährstoffe wieder ersetzen, sondern zugleich auch auf die physikalischen Eigenschaften desselben verbessernd einwirken. Aus diesem Grunde wird z. B. der Stalldung nur bei den in wirklich hoher Cultur stehenden Bodenarten durch die sogenannten chemischen Dünger d. h. solche, welche nur die den Pflanzen nothwendigen Nährstoffe enthalten, ersetzt werden können, da diese die physikalisch günstige Wirkung, die der Stalldung auf den Boden ausübt, nicht besitzen.

Im Vorhergehenden sind schon die physikalischen Eigenschaften der im Boden wegen ihrer Menge und deshalb hervorragenden Bestandtheile besprochen worden; wir haben nun noch den Boden als solchen in dieser Beziehung zu betrachten, und die physikalischen Eigenschaften desselben, soweit sie mit dem Pflanzenwachsthum im Zusammenhang stehen, näher ins Auge zu fassen.

a. Die wasserfassende und wasserhaltende Kraft des Bodens.

Eine Definition dieser Eigenschaft des Bodens ist schon früher gegeben worden. Daß die Eigenschaft des Bodens Wasser aufzunehmen und festzuhalten, um so größer ist, jemehr Thon und Humus derselbe enthält, und um so geringer, je weniger von diesen

beiden Körpern und um so mehr Sand in demselben vorkommen, geht aus den früher besprochenen physikalischen Eigenschaften dieser Bestandtheile hervor.

Wir haben jetzt zu untersuchen, in welcher Beziehung diese Eigenschaft zum Wachsthum der Pflanzen steht. Die Pflanzen gebrauchen, wie wir früher gesehen haben, eine gewisse Menge Wasser, welche sie zum größten Theil aus dem Boden entnehmen müssen, welche ihnen also der Boden darbieten muß. Hieraus geht hervor, daß die wasserfassende und wasserhaltende Kraft des fruchtbaren Bodens keine geringe sein kann, man könnte sogar hieraus schließen, daß der Boden der beste sei, welcher den Pflanzen am meisten Wasser zu bieten im Stande ist. Dieser Schluß würde aber nur dann gerechtfertigt sein, wenn die große wasserfassende und wasserhaltende Kraft eines Bodens mit keinen anderweitigen, nachtheiligen Eigenschaften verbunden wäre. Das ist jedoch bekanntlich der Fall.

Ein nasser Boden ist stets ein kalter Boden, denn er enthält viel Wasser, welches das Bestreben, Gasform anzunehmen, hat und welches um dies Bestreben realisiren zu können, viel Wärme gebraucht, die es seiner Umgebung, also dem Boden, entzieht. Anderseits erwärmt sich ein nasser Boden viel langsamer als ein wenig feuchter, da das Wasser zum Erwärmen wegen seiner großen Wärme-Capacität viel Wärme bedarf. Wenn ferner in einem Boden die Poren mit Wasser gefüllt sind, so vermag die Luft nicht in dieselben einzudringen und so nicht ihre wohlthätigen und durchaus nothwendigen Wirkungen auszuüben. Ein große wasserfassende und wasserhaltende Kraft besitzender Boden verdankt diese Eigenschaft vor Allem seinem bedeutenden Gehalt an Thon und Humus. Die Uebelstände, welche diese für die Bestellung hervorbringen, sind erwähnt worden; ein solcher Boden kann z. B. im Frühjahr erst spät bestellt werden. Die Folge eines zu großen Wassergehalts im Boden für die meisten Pflanzen ist meistens deren Kränkeln und Eingehen.

Aus alledem geht hervor, daß ein Boden von mittlerer wasserfassender und wasserhaltender Kraft als für das Wachsthum der Pflanzen am geeignetsten angesehen werden muß. Aufgabe der Düngung wird es daher sein, bei zu nassem Boden, diese ungünstigen Eigenschaften zu verringern, bei einem zu trocknen dagegen dieselben zu vermehren.

Folgende Versuche von Ilienkoff zeigen den Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf die Vegetation:

Fünf gleich präparirte Töpfe wurden am 15ten Mai mit 7 gekeimten Samen von Buchweizen bepflanzt und in der folgenden Art begossen:

Nr. 1 mit $^1/_2$ Liter Wasser
" 2 " $^1/_4$ " "
" 3 " $^1/_8$ " "
" 4 " $^1/_{16}$ " "
" 5 " $^1/_{32}$ " "

Das Begießen geschah nicht täglich, sondern man hörte mit demselben auf und zwar für alle Töpfe, so lange in Nr. 1 das Wasser von der Erde nicht aufgenommen wurde; in Folge dessen erhielten die Töpfe während der Vegetations-Zeit von 67 Tagen an 17 Tagen kein Wasser.

Die Ernteergebnisse zeigt die nachstehende Tabelle:

Töpfe	Gewicht der Saat in Grm.:	Gewicht der frischen Ernte in Grm.:	Es wurde erhalten an Stroh im frischen Zustande:	Es wurde erhalten an Korn im frischen Zustande:	Trockensubstanz an Stroh:	Trockensubstanz an Korn:	Anzahl der geernteten Körner:	Gewicht der einzelnen Körner:	Auf 100 Theile trockne Körner erhalt. an tr. Stroh:	Gesammt-Quantität d. verbraucht. Wassers in Liter:	Gew. der Saat = 1, so geerntet an trockn. Körnern:	Gewicht der Saat = 1, so geerntet an Stroh u. Korn:	Gewicht der Saat = 1, so erhalten an trocknem Korn und Stroh:
No.													
1.	0,154	27,99	26,11	1,89	4,52	1,68	111	0,017	269	25,0	12	181	45
2.	0,154	65,05	58,85	6,15	8,47	5,47	283	0,022	155	12,5	39	422	100
3.	0,154	24,95	23,05	1,95	4,55	1,73	93	0,021	263	6,25	12	162	46
4.	0,154	9,98	9,42	0,58	1,41	0,52	37	0,015	271	3,12	37	65	14
5.	0,154	2,30	2,20	0,10	0,30	0,09	12	0,008	333	1,56	0,64	15	3

In den folgenden Tabellen sind die von Schübler, Trommer und dem Verfasser über die wasserfassende und wasserhaltende Kraft gefundenen Zahlen zusammengestellt.

α. Wasserfassende Kraft.

	Schübler	Trommer	E. Heiden
1. Quarzsand, aus abgerundeten Körnern bestehend	25	26	—
2. Quarzsand mit vielen Glimmerblättchen	—	32	—
3. Kalksand	29	29	—
4. Kohlensaurer Kalk, in Pulverform	85	80	—
5. Kohlensaure Magnesia . . .	256	—	—
6. Gyps in Erdgestalt	27	—	—
7. Lettenartiger Thon	40	40	—
8. Lehmartiger Thon	50	50	—
9. Reiner grauer Thon	70	70	—
10. Weißer Thon	—	74	—
11. Gelber Thon	—	68	—
12. Geschlemmter Feldspath . . .	—	54	—
13. Kieselsäure, aus kieselsaurem Kali dargestellt	—	241	—
14. Humussäuren	181	—	1200 (aus Torf)

	Schübler	Trommer	E. Heiden
15. Humus	—	180	—
16. Lehmboden	52	—	40
17. Weizenboden aus Kujavien . .	—	58	—
18. Fruchtbarer Mergelboden (26% kohlensaures Kalk und 30% Talk enthaltend)	—	59	—
19. Gerstland zweiter Klasse . . .	—	47	—
20. Strenger Weizenboden (mit 8% kohlensauren Kalk)	—	61	—
21. Torf	—	—	200,7
22. Indifferente Humusstoffe (aus Torf angestellt)	—	—	644,7

β. Wasserhaltende Kraft.

	Schübler		
	Von 100 Theilen absorbirten Wassers verdunsteten bei 15° R. in 4 Stunden:	Von 100 Theilen aufgenommenen Wassers verdunsteten 90 Theile bei + 15° R. in:	
Quarzsand	88,4 Theile	4 Stunden	4 Minuten
Kalksand	75,9 „	4 „	44 „
Gyps in Erdgestalt . .	71,7 „	5 „	1 „
Lettenartiger Thon . .	52,0 „	6 „	55 „
Lehmartiger Thon . .	45,7 „	7 „	52 „
Reiner grauer Thon .	31,9 „	11 „	17 „
Kohlensaurer Kalk (in feinem Zustande) . .	28,0 „	12 „	51 „
Kohlensaure Magnesia .	10,8 „	33 „	20 „
Humussäuren	20,5 „	17 „	33 „
Lehmboden	32,0 „	11 „	15 „

§. 179.

b. Condensations-Vermögen des Bodes für Wassergas.

Diese Eigenschaft des Bodens und die Bedeutung derselben für die Pflanzen haben wir schon in dem Kapitel „das Wasser“ besprochen und gezeigt, daß dieselbe einem Boden nicht in zu hohem Grade eigen sein kann, daß also der Boden als der fruchtbarste anzusehen ist, welcher dieselbe im höchsten Grade besitzt.

§. 180.

c. Condensations-Vermögen des Bodens für andere Gase.

Wie wir mehrfach zu erwähnen Gelegenheit hatten, sind Sauerstoff, Kohlensäure und Ammoniac für den Boden von großer Wichtigkeit; die beiden ersten sind für die Um- und Zersetzungs-Processe in demselben unentbehrlich; die Kohlensäure ist außerdem für den Culturboden als Kohlenstoffquelle und das Ammoniac als Stickstoffquelle von Bedeutung. Die Böden besitzen nun in größerem oder geringerem Grade das Vermögen Gase zu condensiren. Dies Vermögen des Bodens ist um so bedeutender, je größer die Oberfläche desselben, also je feiner vertheilt die einzelnen Bodentheilchen sind, in gewissem Sinne also je lockerer derselbe und je niedriger seine Temperatur ist.

Das Condensations-Vermögen der Bodenarten für Gase ist bis jetzt leider experimental noch wenig festgestellt worden.

§. 181.

d. Bindigkeit und Lockerheit des Bodens.

Beide Eigenschaften hängen eng mit der unter a. besprochenen Eigenschaft eines Bodens zusammen. Je bindiger ein Boden, also je mehr Thon oder Humus er enthält, um so größer ist auch seine wasserhaltende und wasserfassende Kraft und umgekehrt ist dieselbe um so geringer, je trockner ein Boden ist. Diese Eigenschaften haben für die Gewächse auch andere Nachtheile; in einem zu bindigen Boden wird zunächst dem Samen das Keimen sehr erschwert, weil es in demselben leicht an einem der für das Keimen unentbehrlichen Factoren, dem Sauerstoff, fehlen kann; daher werden in einem solchen Boden stets eine Anzahl Samen unentwickelt bleiben, woraus folgt, daß das Saatquantum hier stets ein größeres als auf trockenem Boden sein muß. Ferner wird den jungen Pflänzchen ihr Wachsthum in einem solchen Boden stets erschwert, ihre Wurzeln können nur mit Mühe in denselben eindringen und daher schwer den nöthigen Halt und die erforderliche Nahrung finden, welches letztere wegen des erschwerten Eintritts der atmosphärischen Luft noch mehr der Fall ist.

Ein zu lockerer, loser Boden vermag dagegen den Pflanzen nicht den nöthigen Halt zu gewähren u. s. w.

Aus alledem folgt, daß auch hier der Boden als der beste anzusehen ist, der weder zu bindig noch zu locker

ist und daß es also die Aufgabe des Landwirths bei der Cultur bleibt, den zu bindigen lockerer und den zu lockeren bindiger zu machen, in welchem Bestreben er durch richtige Düngung sehr unterstützt wird.

§. 182.

e. Die Bodenwärme.

Daß die Bodenwärme mit zu den für das Pflanzenwachsthum günstigen Factoren gehört, bedarf des Beweises wohl nicht. Den innigen Zusammenhang zwischen dem Leben der Pflanzen und der Wärme haben wir früher speciell besprochen; daß nun hierbei auch die Bodenwärme und nicht nur die Luftwärme in Betracht kommt, ist selbst verständlich. Der Boden erhält seine Wärme von der Sonne und durch die in ihm vor sich gehenden chemischen Processe. Das Wärme-Anziehungs- und Ausstrahlungsvermögen des Bodens ist ein verschiedenes; inwiefern hierbei die Farbe des Bodens eine Rolle spielt, haben wir früher bei Besprechung des Humus gezeigt. Hier sei nur noch der günstige Einfluß erwähnt, den die Wärme auf die Um- und Zersetzungs-Processe im Boden ausübt. Daher liebt der Landwirth so sehr einen milden, warmen Boden und muß es sein Bestreben sein, diese Eigenschaft des Bodens möglichst zu vermehren, was ebenfalls zum Theil durch richtige Düngung erzielt werden kann.

Siehe ferner die Versuche von Sachs auf p. 183.

§. 183.

Die Nothwendigkeit der Zufuhr der Aschenbestandtheile zum Boden.

Diese Frage ist hier noch nicht mit der erforderlichen Genauigkeit zu beantworten, da ihre präcise Entscheidung erst dann erfolgen kann, wenn das vollständige Material für die Statik des Ackerbaues vorliegt. Da nun dies im zweiten Band erst vollständig gegeben sein wird, so muß auch die Beantwortung dieser so äußerst wichtigen Frage bis dahin verschoben werden.

Daß eine Zufuhr der Aschenbestandtheile zum Boden durchaus nothwendig ist, kann hier schon mit aller Bestimmtheit ausgesprochen werden; denn ohne diese muß, früher oder später, die Verarmung der Felder eintreten. Die Größe der Zufuhr an Aschenbestandtheilen in den einzelnen Verhältnissen ist hier jedoch noch nicht zu bestimmen, weil dazu noch mehrere Grundlagen fehlen, welche erst im zweiten Bande gegeben werden können.

Anhang.

100 Pfund der nach benannten Feldfrüchte enthalten an Aschenbestandtheilen in preuß. Pfunden:

Name der Pflanze	Name des Pflanzentheils	Asche	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
Weizen	Same	1,77	0,549	0,044	0,061	0,223	0,010	0,808	0,007	0,054	0,002
	Stroh	4,96	0,615	0,098	0,307	0,143	0,046	0,194	0,088	3,311	0,123
Roggen	Same	1,91	0,614	0,032	0,053	0,220	0,024	0,869	0,013	0,055	0,001
	Stroh	4,88	0,756	0,116	0,461	0,135	0,040	0,260	0,051	2,911	0,039
Gerste	Same	2,15	0,489	0,048	0,053	0,187	0,020	0,731	0,048	0,572	0,012
	Stroh	4,74	0,835	0,253	0,362	0,158	0,045	0,220	0,122	2,573	0,205
Hafer	Same	2,97	0,436	0,075	0,104	0,216	0,023	0,629	0,036	1,414	0,012
	Stroh	4,30	0,888	0,207	0,343	0,154	0,074	0,157	0,157	1,904	0,161
Mais	Same	0,90	0,267	0,008	0,025	0,135	0,018	0,420	—	0,011	0,009
	Stroh	4,72	1,713	0,059	0,512	0,268	0,111	0,393	0,247	1,359	—

Erbsen	Same	2,67	1,091	0,078	0,164	0,183	0,018	0,968	0,093	0,022	0,067
	Stroh	5,56	1,130	0,267	2,309	0,476	0,076	0,478	0,277	0,320	0,256
Saubohnen	Same	2,88	1,291	0,023	0,155	0,210	—	0,985	0,084	0,018	0,045
	Stroh	5,26	1,678	0,357	1,238	0,340	0,120	0,395	0,012	0,365	0,207
Gartenbohnen	Same	2,65	1,222	0,034	0,210	0,215	0,006	0,824	0,093	0,016	0,026
	Stroh	5,05	1,427	0,615	1,392	0,319	0,059	0,479	0,210	0,253	0,386
Linsen	Same	1,78	0,495	0,187	0,090	0,035	0,029	0,516	—	0,019	0,071
Wicken	Same	2,07	0,636	0,224	0,100	0,177	0,016	0,792	0,085	0,021	0,025
Weißer Klee	Same	3,06	1,117	0,017	0,220	0,350	0,057	1,049	0,148	0,068	0,046
Steyrischer Klee	Same	4,28	1,648	0,024	0,282	0,562	0,078	1,390	0,114	0,135	0,055
Esparsette	Same	4,43	1,096	0,105	1,213	0,256	0,061	0,919	0,124	0,031	0,039
Rother Klee	Same	3,46	1,236	0,018	0,192	0,442	0,042	1,337	0,233	0,032	0,045
Buchweizen	Same	0,92	0,212	0,057	0,030	0,123	0,019	0,440	0,019	—	0,018
Gelbe Lupinen	Same	3,68	1,085	0,011	0,301	0,466	0,022	1,629	0,160	0,004	?
Blaue Lupinen	Same	2,95	0,942	0,024	0,291	0,322	0,022	1,153	0,164	0,017	0,010
Raps	Same	3,60	0,800	0,015	0,588	0,477	0,048	1,593	0,023	0,036	0,005
	Stroh	5,46	1,550	0,339	1,677	0,293	0,106	0,347	0,316	0,251	0,494

Name der Pflanze	Name des Pflanzentheils	Asche	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
Lein	Same	3,20	1,037	0,058	0,297	0,398	0,032	1,301	0,035	0,035	0,011
	Stengel	3,42	1,281	0,175	0,773	0,204	0,151	0,353	0,168	0,260	0,136
	Ganze Pflanze	3,20	1,097	0,159	0,528	0,268	0,007	0,650	0,142	0,086	0,189
Lein	Samenhülle	6,38	1,782	0,246	1,697	0,159	0,129	0,166	0,272	0,984	0,382
	Blätter	7,71	1,494	—	2,302	0,216	0,404	0,263	0,282	2,218	0,193
Hanf	Ganze Pflanze	3,22	0,566	0,098	1,344	0,297	0,017	0,353	0,086	0,251	0,086
	Same	4,81	0,967	0,037	1,129	0,271	0,048	1,745	0,081	0,568	0,003
Hopfen	Zapfen	5,34	1,938	0,103	0,981	0,241	0,097	0,706	—	0,913	0,186
	Blüthen	6,74	1,940	0,186	0,805	0,334	0,094	1,089	0,454	1,261	0,418
	Blätter	15,67	2,481	0,572	6,633	0,558	0,207	1,108	0,563	2,943	0,682
	Ranken	6,52	2,032	0,103	1,755	0,279	0,059	0,865	0,172	0,739	0,662
	Ganze Pflanze	7,40	1,941	0,284	1,182	0,427	0,379	0,898	0,400	1,591	0,382
Tabak	Blätter	2,46	0,579	0,116	0,926	0,288	0,098	0,101	0,100	0,028	0,140
Runkelrüben	Wurzel	1,015	0,629	0,119	0,047	0,050	0,011	0,096	0,027	0,035	0,072
	Blätter	1,742	0,379	0,390	0,245	0,204	0,024	0,107	0,120	0,094	0,208
Turnips	Wurzel	0,849	0,370	0,078	0,075	0,031	0,009	0,108	0,104	0,015	0,030

Turnips	Blätter	1,686	0,367	0,121	0,524	0,068	0,030	0,139	0,151	0,047	0,167
Stoppelrüben	Wurzel	0,632	0,330	0,026	0,065	0,015	0,005	0,074	0,056	0,025	0,025
Mohrrüben	Wurzel	0,842	0,307	0,149	0,085	0,041	0,009	0,104	0,038	0,020	0,023
	Blätter	3,135	0,423	0,602	0,953	0,116	0,086	0,152	0,230	0,209	0,156
Zuckerrüben	Wurzel	0,731	0,359	0,058	0,047	0,069	0,008	0,109	0,036	0,026	0,019
	Blätter	5,136	1,265	0,751	0,867	0,923	0,075	0,367	0,363	0,209	0,270
Kartoffel	Knollen	0,982	0,615	0,010	0,021	0,048	0,009	0,164	0,064	0,020	0,039
	Blätter	1,585	0,267	0,046	0,620	0,230	0,060	0,091	0,083	0,087	0,120
Wiesenheu	Ganze Pflanze	7,05	1,162	0,430	0,984	0,400	0,063	0,447	0,366	2,206	0,628
Rothes Kleeheu	dito.	5,90	1,977	0,116	1,966	0,580	0,146	0,566	0,196	0,310	0,162
Heu von Esparsette . . .	dito.	5,36	2,093	0,107	1,729	0,308	0,040	0,554	0,472	0,241	0,196
Luzerneheu	dito.	5,25	1,475	0,051	2,242	0,294	0,038	0,452	0,336	0,126	0,088

Ein preußischer Scheffel der nachbenannten Feldfrüchte enthält an Aschenbestandtheilen in preuß. Pfunden.

Name der Pflanzen	Gewicht des Scheffels	Asche	Kali	Natron	Kalkerde	Magnesia	Eisenoxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor
Weizen	84	1,486	0,461	0,037	0,051	0,187	0,008	0,679	0,006	0,045	0,002
Roggen	80	1,528	0,491	0,025	0,042	0,176	0,019	0,695	0,010	0,044	0,001
Gerste	67	1,437	0,328	0,032	0,036	0,125	0,013	0,490	0,032	0,383	0,008
Hafer	48	1,424	0,209	0,036	0,050	0,104	0,011	0,302	0,017	0,068	0,006
Mais	80	0,720	0,214	0,006	0,020	0,108	0,014	0,336	—	0,009	0,007
Erbsen	88	2,349	0,960	0,068	0,144	0,161	0,016	0,852	0,082	0,019	0,059
Saubohnen	100	2,880	1,291	0,023	0,155	0,210	—	0,985	0,084	0,018	0,045
Gartenbohnen	100	2,650	1,222	0,034	0,210	0,215	0,006	0,824	0,093	0,016	0,026
Wicken	85	1,759	0,533	0,191	0,085	0,150	0,014	0,673	0,072	0,018	0,021
Buchweizen	62	0,570	0,151	0,035	0,019	0,076	0,012	0,273	0,012	—	0,011
Raps	73	2,628	0,584	0,011	0,429	0,348	0,035	1,162	0,017	0,026	0,004
Gelbe Lupinen	85	3,128	0,922	0,009	0,256	0,396	0,019	1,385	0,136	0,003	?
Lein	70	2,240	0,726	0,041	0,308	0,278	0,022	0,911	0,025	0,025	0,008
Kartoffel	95	0,933	0,584	0,010	0,020	0,047	0,009	0,156	0,061	0,019	0,037

Fehlerverzeichniß.

Seite 22 Zeile 21 von unten lies: „Cellulose“ statt: Stärke.
„ 25 „ 1 „ oben „ „Lackmus-schwach röthend“ statt: Lackmus, schwach röthend.
„ 46 Zeile 11 von unten lies: „Chevaliergerste“ statt: Chavaliergerste.
„ 55 Zeile 18 von oben lies: „48260 Mill. Ctr.“ statt: 48,260 Ctr.
„ 80 „ 13 „ „ „ „1 bis 8%“ statt: 1 und 8%.
„ 93 „ 5 „ unten „ „Hosäus“ statt: Hobäus; ebenso auf der folgenden Seite.
„ 104 Zeile 1 von unten lies: „Hosäus“ statt: Hobäus; ebenso auf den folgenden Seiten.
„ 111 Zeile 19 von unten lies: „aber“ statt: eben.
„ 181 Zeile 4 von oben lies: „das“ statt: der.
„ 206 „ 8 „ „ „ „Trinchinetti“ statt: Trinchinelli.
„ 281 In der 2. Spalte lies: „Ammoniumoxyd: 0,243; 0,243“ statt: Ammonium 0,159; 159; in der 3. Spalte: „Ammoniumoxyd: 2,260; 2,884“ statt: Ammonium 1,205; 2,344; in der 4. Spalte: „Ammoniumoxyd: 1,385; 1,004“ statt: Ammonium 1,150; 0,200; in der 5. Spalte: „Lösung 1556, Lösung = 1860 Ccm., Lösung = 1968 Ccm.“ statt: Lösung 1220 Ccm., Lösung = 1500, Lösung = 1600 Ccm.
„ 288 In der 4. Spalte lies: „0,2300 u. 0,0059, ferner 0,0233 und 0,0268“ statt: 0,0268 u. 0,0085, ferner 0,0236 u. 0,0089; in der 6. Spalte: „0,0280, 0,0918, 0,0407, ferner 0,1899 u. 0,0475“ statt: 0,0260, 0,0880, 0,0381, ferner 0,1896 u. 0,0425.
„ 291 Zeile 18 von oben lies: „schwefelsaure Thonerde + schwefelsaurem Kali“ statt: schwefelsaure Thonerde schwefelsaures Kali.
„ 362 Zeile 16 von unten lies: „saurem phosphorsauren Kalk“ statt: saurem phosphorsaurem Kalk.
„ 390 Zeile 5 von unten lies: „58,82 Schwefelsäure u. 41,18 Kalkerde“ statt: 58,82 Kalkerde u. 41,18 Schwefelsäure.
„ 394 Zeile 17 von unten lies: „Avanturie“ statt: Aventurie.
„ 396 „ 14 „ „ „ „Hurdstown“ statt: Hurdstone.
„ 397 „ 14 „ oben „ „Köln“ statt: Keulen und Zeile 19: „Amaltheenthon von H. bei Kirchheim“ statt: Amalthrenthon von H. bei Kirschheim.
„ 412 Zeile 11 von unten lies: „$2 NH_4 O 3 CO_2$“ statt: $2 NH_4 3 CO_3$.
„ 431 „ 15 „ „ „ „0,135“ statt: 0,143 und „0,076“ statt: 0,084.

Druck von G. Kreysing in Leipzig.